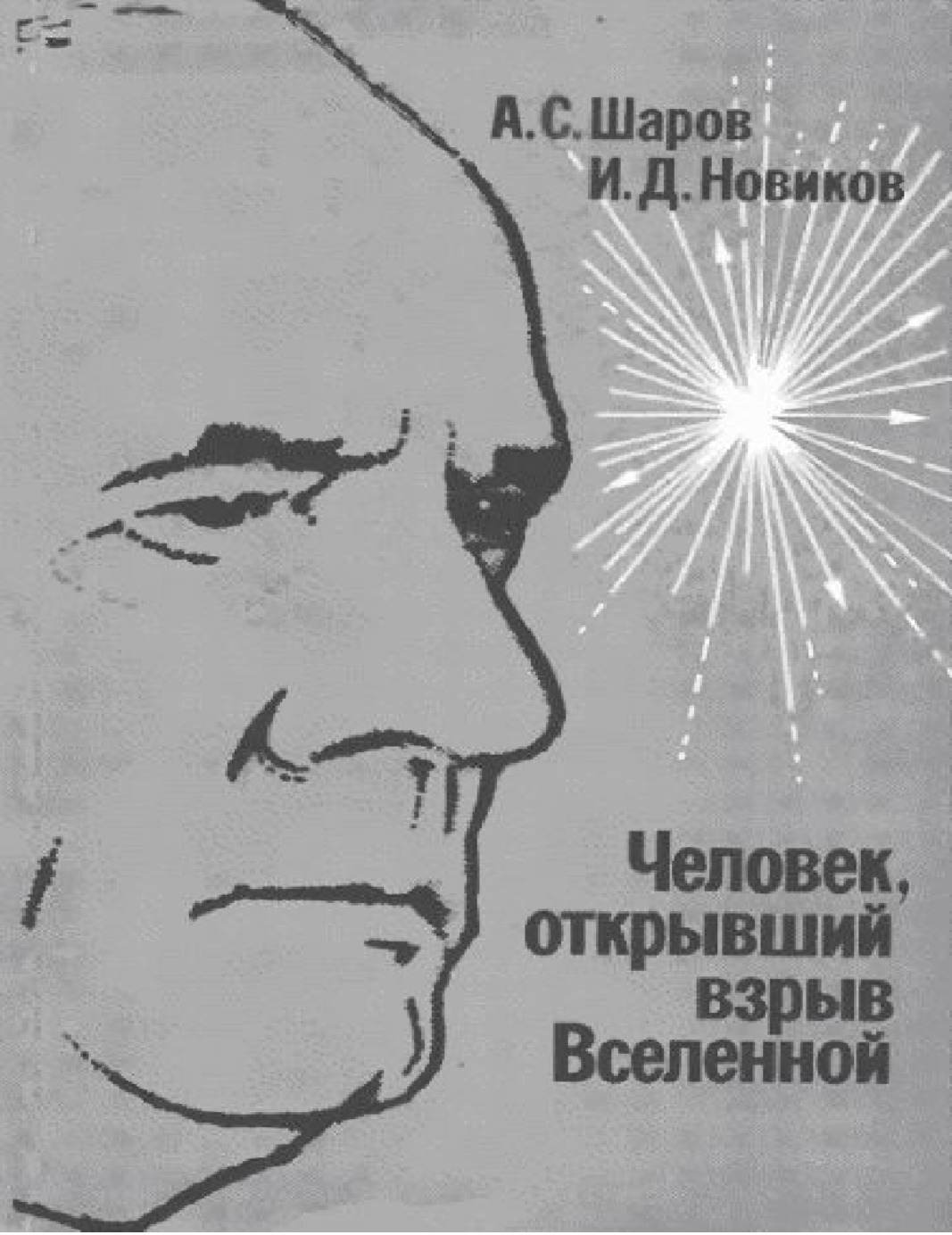


А. С. Шаров
И. Д. Новиков

Человек, открывший взрыв Вселенной

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Описание жизни и деятельности великого ученого нашего столетия Эдвина-Пауэла Хаббла (1889—1953), автора замечательных открытий, определивших лицо современной астрономии. Его исследования утвердили концепцию островной Вселенной, состоящей из звездных систем-галактик, подобных Галактике, в которой мы живем. Главным достижением Хаббла явилось открытие закона красного смещения линий в спектрах далеких галактик, свидетельствующего о расширении Вселенной. Рассказывается также об исследованиях, продолживших дело Хаббла: о теории горячей Вселенной, о физике процессов в расширяющейся Вселенной, открытии реликтового излучения, о замыслах новых наблюдений для уточнения картины строения и эволюции Вселенной.

При написании биографии ученого использовался ряд материалов, никогда ранее не публиковавшихся.

- А.С. ШАРОВ, И.Д. НОВИКОВ.
  - Жизнь и труд Эдвина Хаббла
  - ПРЕДИСЛОВИЕ
  - Часть первая
    - Выбор пути
    - В преддверьи главных дел
    - Острова Вселенной
    - Красное смещение. Предшественники
    - Закон его имени
    - Признание. Грани личности
    - Исполняя гражданский долг
    - Крушение надежд
  - Часть вторая
    - Расстояния до галактик и постоянная Хаббла
    - Будущие исследования
    - Открытие горячей Вселенной
    - Взрыв
  - ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Э. ХАББЛА
  - ***
  - БИБЛИОГРАФИЯ ОПУБЛИКОВАННЫХ ТРУДОВ Э. ХАББЛА
  - СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
- notes
  - 1

- ○ 2
- ○ 3
- ○ 4

А.С. ШАРОВ, И.Д. НОВИКОВ. Человек, открывший взрыв Вселенной.

Жизнь и труд Эдвина Хаббла

ПРЕДИСЛОВИЕ

По-моему, нет никаких сомнений в том, что он был величайшим астрономом со времени Коперника. Ему принадлежат три действительно колоссальных достижения: он открыл галактики, показал, что они характеризуют крупномасштабную структуру Вселенной и, главное, открыл расширение Вселенной. Каждое из них монументально.

А. Сендидж. Интервью К. Торну для авторов книги.

Сто пятьдесят лет тому назад, за полстолетия до появления на свет человека, которому посвящена эта книга, классик русской литературы М. Ю. Лермонтов написал такие слова: «Во всякой книге предисловие есть первая и вместе с тем последняя вещь: она или служит объяснением цели или оправданием и ответом на критику». С тех пор прошло много времени и многое переменилось. Лишь труд пишущего остался столь же несовершенным. И авторы по-прежнему не отказываются от предисловий. В этом отношении не оригинальны и мы. М. Ю. Лермонтов сетовал на то, что предисловия читают неохотно. В наш стремительный век эта тенденция, вероятно, лишь усилилась. И тем не менее мы просили бы читателей задержаться на вводных страницах и не спешить перейти к основному тексту.

Цель этой книги ясна — рассказать о жизни и труде американского астронома Эдвина Пауэла Хаббла (1889—1953), со дня рождения которого в 1989 г. исполняется 100 лет. В истории мировой астрономии немало славных имен, заслуживающих благодарность потомков. Но даже среди них имя Хаббла стоит особняком.

У астрономов есть прекрасная традиция давать имена выдающихся ученых своим телескопам: 4-метровый телескоп Ньютона, 5-метровый телескоп Хейла, первенец нашего крупного телескопостроения крымский рефлектор имени академика Г. А. Шайна... Замечательно потрудился на околоземной орбите рентгеновский спутник-обсерватория «Эйнштейн». Впервые именем астронома назван большой космический оптический

инструмент - телескоп Хаббла. Почему столь высокой чести удостоился именно он ушедший из жизни почти сорок лет назад? Эдвин Хаббл прошел не такой уж длительный путь в науке — всего треть столетия, прерывавшийся двумя мировыми войнами. И написал он не так уж много работ — всего лишь около семи десятков, причем главные были выполнены за 5—6 лет с середины до конца двадцатых годов.

Но в этих работах содержится нечто такое, что не позволяет забыть об их творце. Именно Хаббл открыл для науки мир галактик, показав, что туманности вне полосы Млечного Пути — это огромные звездные системы, во многом разнообразные и во многом подобные той, в которой находится наше Солнце с его планетной семьей. Но самое важное — ему удалось открыть едва ли не главнейшую закономерность окружающего нас мира — красное смещение в спектрах галактик, связанное с их расстоянием от нас. Мир галактик расширяется. Значит, в прошлом он был меньше. Экстраполяция назад, основанная на достижениях современной физики, говорит о том, что в этом первичном мире все было необычным — иные состояния вещества и излучения, бурные, быстро сменяющие друг друга процессы. Хаббл открыл то, что называют ныне Большим взрывом Вселенной. Происходившее тогда определило всю дальнейшую эволюцию Вселенной: формирование химических элементов, появление галактик и звезд, и в их числе нашего Солнца, планет и живого вещества по крайней мере на одной из них — Земле, и, наконец, нас — людей с нашими интересами, страстями, историей. Поэтому-то астрономы и ставят имя Хаббла в один ряд с Коперником и Галилеем.

Так можно ответить на первую часть формулы: зачем пишется предисловие.

Как это ни странно, но до сих пор о Хаббле не только нет монографий, но даже нет и хоть сколько-нибудь подробного его жизнеописания. Биографические сведения вместе с перечнем результатов его работ содержатся в нескольких некрологах, небольших статьях в справочных изданиях. Но такие статьи насчитывают всего лишь по несколько страниц. Чуть подробнее очерк о Хаббле, опубликованный Мейолом в биографической серии Американской академии наук. Но и он невелик по объему и содержащемуся там материалу.

Описать достижения ученого не представляет особого труда. Работы Хаббла либо опубликованы, либо сведения о проделанных им исследованиях, но не доведенных до печати, можно найти в ежегодных отчетах Маунтвилсоновской и Маунтпаломарской обсерваторий. «На мой взгляд, с точки зрения науки мы очень

многое знаем о том, что он сделал,— говорит Алан Сендидж, работавший с Хабблом в последние годы его жизни,— все это отражено в его публикациях. И здесь нет каких-либо вопросов о тех великих делах, которые он осуществил. Но реконструировать его личную жизнь будет несколько сложнее». Жизнь астронома на обсерватории однообразна, размеренна и вне профессиональных рамок обычно лишена сколько-нибудь ярких страниц. У Хаббла это было не так. Он деятельно откликался на большие события в мире, отдавая силы не только науке, но и служению своей стране в годы Первой и Второй мировых войн.

Насколько известно, Хаббл не писал мемуаров и вообще считал, что вся жизнь ученого состоит исключительно из его научной* работы. Едва ли можно с этим согласиться. Большой знаток истории науки С. И. Вавилов писал: «История науки не может ограничиваться развитием идей — в равной мере она должна касаться живых людей с их особенностями, талантами, зависимостью от социальных условий, страны и эпохи ... Жизнь и деятельность передовых людей — очень важный фактор в развитии науки, а жизнеописание их является необходимой частью истории науки».

Мы разделяем эту точку зрения. Нам хотелось бы рассказать не только о работах Хаббла, но и о его жизни, в какой-то мере попытаться охарактеризовать облик этого человека. Но решить эту задачу нам далеко не просто. Причин этому много. Прошло немало лет со дня смерти ученого. Выросли новые поколения американских астрономов, для которых Хаббл — не живой современник, а персонаж, герой истории науки. В нашей стране сейчас здравствуют буквально один-два астронома, видевших Хаббла, но как будто бы никто из них с ним не общался. Итак, живых свидетелей эпохи Хаббла в астрономии почти не осталось.

Но не только временем авторы книги отдалены от Хаббла, но и расстоянием, государственными границами. У нас нет возможности просмотреть весь архив Хаббла, а он существует и хранится в Хантингтонской библиотеке в Сан-Марино, пригороде Пасадены, где жил ученый. Тем не менее ряд уникальных материалов из этой коллекции нам все же удалось получить, и мы впервые их публикуем на страницах книги. Следует, однако, указать на одну особенность хаббловского архива. Он создавался миссис Грейс Хаббл, не только глубоко любившей, но и чуть ли не боготворившей своего супруга. Это, как отмечают американские коллеги, привело к специфической подборке материалов для архива, отразившей ее стремление создать несколько идеализированный образ ученого. Вероятно, и ряд эпизодов из личной жизни был сообщен Мейолу также миссис Хаббл. Часто у

них нет независимых подтверждений и не исключено, что некоторые эпизоды — только красивая легенда.

Наше изложение биографии ученого имеет несколько беллетризованную форму, но мы стремились к максимальной достоверности сообщаемого. Каждая деталь, упоминаемая в книге, найдена в каких-то источниках. Разумеется, при этом любая допущенная там неточность или просто ошибка, если не было возможности проверки по иным данным, будет воспроизведена автоматически и нами.

Описывая научную деятельность Хаббла, мы особенно останавливаемся на главном деле его жизни — открытии красного смещения. Значение этого открытия для всех наших представлений о Вселенной столь велико, что упомянуть об этом среди прочих биографических данных, кратко или даже достаточно подробно, было бы неправильно. Поэтому мы сочли разумным рассказать о следствиях великого открытия специально, в заключительных разделах книги.

Таковы наши оправдания перед будущими критиками книги. Нам доставило большое удовольствие собирать, к сожалению, часто лишь по крупицам, материалы о Хаббле, чтобы в какой-то мере воссоздать его глубоко симпатичный образ замечательного ученого, человека высокой культуры, гражданина. Сейчас, когда работа завершена, нас невольно охватывает некоторое разочарование: так многого о нем мы не знаем сами и не можем поэтому рассказать читателям. Говоря словами Роберта Льюиса Стивенсона, мы испытываем чувство, когда

Движенье к цели, полное надежд,
Отрадней самого прибытья.

Нас утешает лишь одно: в книге немало материала, до сих пор остававшегося неизвестным не только советским, но и американским читателям. Будем надеяться, что американские коллеги возьмутся за создание по-настоящему полной и глубокой биографии своего соотечественника — великого астронома XX века. У них возможности неизмеримо больше. Но откладывать это на долгие сроки нельзя, Жизнь идет вперед, и с каждым годом среди астрономов мира все меньше тех, кто хоть что-то может вспомнить о Хаббле и его эпохе.

Нам же остается поблагодарить всех тех, кто в разной мере, но всегда доброжелательно стремился нам помочь: астрономов П. Н. Холопова, П. Г. Куликовского, Н. Н. Самуся, А. С. Расторгуева и Ю. С. Ефимова, библиографа Н. Б. Лаврову, А. Ф. Добрынина, бывшего послом СССР в США в пору начала нашей работы, астронома Пола Ходжа — профессора Университета штата Вашингтон США, профессора Малкольма Лонгейра, шотландского

королевского астронома Великобритании и других. Идею написать книгу о Хаббле тепло поддержал академик Е. К. Харадзе.

Особенная же наша признательность — профессору Калифорнийского технологического института (США) и почетному доктору Московского университета Кипу Торну. По существу, мы считаем его своим соавтором. Это он, благодаря любезности библиотеки Хантингтона, получил для нас материалы о Хаббле из его архива. Выполняя нашу просьбу, через весь американский континент он по телефону расспрашивал о Хаббле Сендиджа, работающего ныне на восточном побережье США в Институте космического телескопа, и предоставил нам магнитофонную запись интервью. Он связался с сестрой Хаббла миссис Элен Лейн и просил ее написать воспоминания, по существу, единственный источник сведений о детских и юношеских годах брата. Мы сердечно благодарим за помощь миссис Элен Лейн и доктора А. Сендиджа. Без этих материалов книга не могла бы стать такой, какая она есть.

Упоминая с благодарностью миссис Лейн, мы хотели бы сказать и о том, что летом 1988 г. получили от нее теплое послание, подписанное чуть дрожащей рукой — ей уже 89 лет. Приятно было узнать, что наше осуществившееся ныне намерение написать книгу об Эдвине Хаббле с признательностью встречено ею и ее семейством. Думается, для миссис Лейн было большой неожиданностью, что воздать должное заслугам ее брата взялись граждане из далекой страны. И еще одна любопытная мысль содержится в ее письме. Оказывается, и среди молодого поколения рода Хабблов память об Эдвине Хаббле жива. Один из правнуков миссис Лейн, правнучатый племянник Эдвина Хаббла, интересуется астрономией и жизнью и трудами своего выдающегося родственника. Будем вместе с миссис Лейн надеяться, что он «в далеком будущем, возможно,... станет астрономом такого же калибра, как и его дядюшка Эдвин». Примеры наследования талантов из поколения в поколение в истории культуры и науки есть. Вспомним музыкантов Бахов, математиков Бернулли, астрономов Струве, живших и работавших в России и Америке, вспомним род Хаксли, давший нескольких видных биологов и писателя Олдоса Хаксли, друга Хаббла.

Мы адресуем нашу книгу широкому кругу читателей. Хотелось бы надеяться, что нечто интересное найдется в ней и любителю астрономии, и историку науки, и астроному-профессионалу, которому дорого прошлое его науки. Само собой разумеется, что за любые отклики и замечания мы будем только признательны. Быть может, кому-то из астрономов, пусть в

пересказе от своих учителей, известны какие-то подробности, связанные с Хабблом и его эпохой, о которых мы ничего не знаем. Пожалуйста, поделитесь ими.

Часть первая
ЕГО ЖИЗНЬ И ТРУД

Выбор пути

Семнадцатый век... Один за другим корабли с переселенцами в Новый Свет покидали Европейский континент. Разные причины звали людей на чужбину: бедность и надежда на лучшую судьбу, предприимчивость и жажда приключений, стремление уйти от неприятностей с властями. Покинул Британские острова и офицер королевской армии, предок великого астронома нашего века Эдвина Хаббла — Ричард Хаббл. Что толкнуло его на этот шаг, точно не известно. Но Эдвин Хаббл как-то намекнул, что оставить родину Ричарду пришлось по причинам серьезным: «Всякий раз, когда в Англии случалась смута, кто-нибудь из рода в поспешности уезжал». А события в Англии развивались тогда бурно. Победоносно свершилась буржуазная революция. Голову на плахе сложил король Карл I Стюарт.

Ричард обосновался в штате Кентукки, ставшем гнездом американских Хабблов, преуспел в делах и своему многочисленному потомству — одиннадцати детям, оставил в наследство по 5 тысяч долларов каждому, немалую сумму по тем временам. Один из предшественников Эдвина Хаббла воевал за освобождение Америки от власти англичан. Дед будущего астронома Мартин Джонс Хаббл был верен северянам в войне Севера против Юга, а затем, уже после войны, выступал за мягкое обращение с бывшими врагами — южанами, за что и поплатился, лишившись службы. Другие члены хаббловского рода поддерживали конфедератов.

В 1880 г. сын Мартина Хаббла Джон Пауэл женился на Вирджинии Ли Джеймс. Через некоторое время появились первые дети — Генри и Люси. 20 ноября 1889 г., когда супруги гостили у бабушки и дедушки своих детей в Маршфилде, маленьком городке в штате Миссури, родился мальчик, которому дали имя Эдвин Пауэл.

А потом семья разрослась еще более, один за другим пополнили ее Билл, Вирджиния, Элен, Эмма и Элизабет — всего 8 детей. Впрочем, тогда семьи часто были многодетными. Сама мать родилась в семье, где было шестеро детей. По-разному сложилась судьба этого поколения Хабблов. Совсем маленькой девочкой умерла общая любимица Вирджиния. Долгие 93 года прожила Люси. И поныне здравствуют двое из младших сестер Эдвина: Элен и Элизабет — Бетси. «Я думаю,— писала в своих воспоминаниях миссис Элен Лейн,— что Генри и Эдвина следует считать интеллигенцией, остальная же часть семьи была

несколько выше средней в отношении жизненного уровня, идеалов, стремлений и стиля жизни». Выдающимся же человеком в этом, в предыдущих и последующих поколениях Хабблов (а сейчас уже растут праправнуки Джона и Вирджинии Хаббл) оказался один Эдвин.

Отец семейства Джон Хаббл получил юридическое образование и начал работать адвокатом в Маршфилде, но через два года его зрение ухудшилось, и пришлось искать более подходящую службу. Джон Хаббл перебрался в Спрингфилд, где его отец, дед Эдвина, имел преуспевающее страховое агентство, и стал работать по страхованию имущества от огня. Дела шли успешно, и его направили в Чикаго — молодой, даже по американским меркам фантастически быстро растущий город, центр торговли хлебом и скотом, город с огромными чугунолитейными, машиностроительными и знаменитыми пульмановскими вагоностроительными заводами. Джон Хаббл считал, что детям не место жить в промышленном городе, и семья поселилась в пригородах — сначала Эванстоне, а затем Уитоне, там, где много лет спустя Грот Ребер около своего дома построил первый параболический радиотелескоп и наблюдал Млечный Путь и Солнце. Сейчас эти патриархальные предместья разросшийся город уже поглотил. Но здоровье Джона Хаббла вновь пошатнулось, и компания нашла ему новое место в Луисвилле, штат Кентукки. И снова семья поселилась в пригороде — очаровательном Шелбайвилле.

Семья не нуждалась и всюду жила в больших домах. Обычно там были библиотека, гостиная, столовая, кухня, большая прихожая с вешалкой для шляп, стойкой для зонтов и вместительная кладовка, куда можно было упрятать спортивные принадлежности. Наверху располагались спальни и ванны, а цокольный этаж отдавался детям. Здесь они могли играть, носиться сколько душе угодно, не боясь что-нибудь поломать. Дом окружал обширный двор, где играли дети, а взрослые перебрасывались теннисным мячом. Где-нибудь в стороне мать выращивала цветы — настурции, астры, розы.

В этом счастливом мире непререкаемым авторитетом был отец, одинаково справедливый ко всем детям. К вечеру он возвращался со службы, раздавался обеденный колокол, и в полседьмого вся семья собиралась за столом. Отец придерживался строгих правил и внимательно следил, чтобы никто не опаздывал. Обед проходил в несколько чопорной обстановке, но дети всегда могли пригласить своих друзей, только надо было заранее предупредить об этом мать. Отец внимательно следил, чтобы дети были воспитанными, достойно

вели себя за столом, всегда придерживались твердых жизненных правил. Он был умеренным в своих потребностях человеком, строго воздерживался от алкоголя и стремился внушить это своим сыновьям. Уезжая надолго учиться в Англию, Эдвин обещал ему не выпивать. Отец очень боялся, чтоб его дети не связались с плохими компаниями. Основания для опасений были: в миле от Уитона находился ипподром с пьяными жокеями, азартом, столь соблазнительным для мальчиков — Эдвина, Билла и их друзей.

Хотя в доме были и кухарки, и горничные, дети барчуками не росли. У каждого были свои обязанности — стелить постели, содержать комнаты в чистоте. Летом, в каникулы, отец поощрял работу своих сыновей. По-разному можно было подработать на карманные расходы. Подводы развозили по улицам города лед (холодильников тогда еще не было), и мальчики вносили ящики со льдом в дома. Можно было косить траву возле дома и содержать лужайку в порядке, за это платил уже отец, в жаркую погоду стать водоносом и бежать с холодной водой к артели дорожников, работающих около города.

Но самым главным в мальчишеской жизни Эдвина была работа в партии землемеров, прокладывавших трассы железных дорог в лесах вокруг Великих Озер. Тогда это был глухой, мало обжитой край. С разными людьми приходилось там встречаться. Рассказывают, что однажды Эдвин столкнулся с двумя бандитами и получил удар ножом в спину. Но он не растерялся и так избил одного яз них, что другой пустился наутёк. В конце сезона Эдвин вместе с рабочими возвращался последним, но расписание изменилось, и они пришли на совсем обезлюдевшую станцию. Землемеры решили не ждать поезда и через трое суток выбрались из лесов пешком, поддерживая себя лишь водой. Провизии у них не было.

Легенда это или быль, но Эдвин вернулся домой возмужавшим, уже не мальчиком, а взрослым человеком.

Ему и его сверстникам заработанные деньги давали желанную независимость. Можно было позволить себе массу приятного — позвякивая деньгами в кошельке побродить по ярмарке, купить что-нибудь вкусное, опустить монетку в музыкальный автомат, угостить девочку мороженым.

Много приятного было и дома. Часто дети дружно собирались вокруг стола, чтобы вместе делать уроки. Но самыми любимыми были уик-энды, несмотря на обязательное посещение церкви и воскресной школы. Отец был глубоко верующим человеком, и каждое воскресенье вся семья, и даже случившиеся в доме гости, торжественно отправлялись на утреннюю службу. А

затем наступали беспечные часы: летом поездка в фургоне с сеном, купанье, зимой катанье на санках, дома — игры, головоломки, шарады. Часто играли в слова, стремясь так нанизать буквы друг за другом, чтобы слово на тебе не кончилось. Приходилось и думать, и заглядывать в словарь. По вечерам устраивались домашние концерты. Отец играл на скрипке, очень музыкальная Люси — на фортепиано, Эдвин и Билл — на мандолинах. А малыши, пока не надоедало, с восхищением слушали.

Эдвин явно любил возиться с младшими сестрами. Самое раннее воспоминание Бетси о том, как ее, еще совсем маленькую, Эдвин нес на плечах в цирк. Вспоминает Бетси и свой приезд к брату в гости, когда тот уже работал на Йеркской обсерватории. Взяв слово, что она будет вести себя тихо, Эдвин подвел двенадцатилетнюю девочку к телескопу, и она, затаив дыхание, впервые в жизни взглянула на небеса в окуляр. Однажды Эдвин купил билеты на «Синюю птицу» Метерлинка и повел двух своих сестер на спектакль. Это было радостное событие для них, но не меньшее удовольствие получил и старший наставник.

Правда, случались и огорчения. Когда Эдвину исполнилось шесть лет, Вирджинии было всего лишь два года. Она была милым ребенком, горячо любимым Эдвином и Биллом. Но Вирджиния постоянно разрушала „замки, мосты, дома, которые братья строили из кубиков. Мальчики как-то довольно сурово и болезненно ее проучили. А когда через несколько недель девочка заболела, а затем скончалась, братья решили, что эту беду навлекли именно они. Эдвин испытал такое сильное нервное потрясение, что не будь чутких и умных родителей, дело могло бы кончиться еще одной трагедией.

Особенно внимательной к детям была мать. Всякую ситуацию, простую и сложную, она разрешала в спокойном духе, поддерживая добрую обстановку в семье. Миссис Элен Лейн вспоминает, что лишь однажды она видела свою мать в гневе, когда старшие дети — Генри и Люси тайком съели орехи со стола, накрытого к приходу гостей. Весь облик матери располагал к себе — она была красивой и статной женщиной. Умение хорошо себя держать, изящество в движениях досталось Эдвину от нее.

Как и большинство мальчишек, Эдвин увлекался спортом. В старших классах школы он вырос до 6 футов и 3 дюймов, с успехом играл в баскетбол, прыгал с шестом и даже получал за это награды.

В общем — обычное детство в семье, где царили доброта и твердый порядок. Зрелым человеком Эдвин говорил, что домашняя дисциплина дала ему много хорошего. Пожалуй,

только одно могло бы как-то выделить его среди сверстников. Рядом со своим старшим братом и сестрой он рано научился читать и считать, и ему очень хотелось ходить в школу вместе с ними, несмотря на явно неподходящий возраст. Эдвин любил читать и прочел множество книг, которыми обычно увлекались в детстве на рубеже нашего века, — романы Жюля Верна, другие захватывающие воображение приключенческие книги.

Если человек достигает высот на каком-либо поприще — в науке, литературе, искусстве, всегда хочется знать, как началось его увлечение любимым делом, когда он выбрал свой путь. Астрономией Эдвин заинтересовался, по-видимому, очень рано и не без влияния дедушки Уильяма Гендерсона Джеймса, отца своей матери… Дедушка был явно незаурядной фигурой. Он получил степень по медицине в Вирджинии, но золотая лихорадка захватила его, и он провел юность в Калифорнии. Здесь он встретил свою будущую супругу — бабушку Эдвина и вернулся в Миссури. Дед очень интересовался астрономией. «Он построил телескоп,— вспоминает миссис Элен Лейн,— который настолько очаровал Эдвина, что тот попросил, чтобы вместо празднования своего восьмого дня рождения, ему позволили до позднего часа не ложиться спать и насмотреться в инструмент до полного удовольствия. Его желание было исполнено...»

Однажды двенадцатилетний Эдвин, отвечая на вопросы дедушки о Марсе, написал такое интересное письмо, что тот поместил его в газете Спрингфилда.

Когда Эдвину исполнилось четырнадцать лет, ему удалили апендикс. Сейчас это считается простой операцией, а тогда больного заставляли довольно долго лежать в постели. Но и в этом была своя прелесть. Эдвин мог читать о звездах сколько ему хотелось.

Воспоминания не очень-то надежный источник для истории, всегда можно что-то забыть, что-то деформируется в памяти. Друг Эдвина Хаббла известный писатель Олдос Хаксли в своем эссе «Звезды и человек» тоже писал о раннем увлечении будущего ученого астрономией. Но подробности там иные. Так, восьмилетний Эдвин, оказывается, мечтал понаблюдать метеорный дождь, а письмо к дедушке выглядит у Хаксли уже солидным «трактатом» о Марсе. Едва ли это не версия самого Хаббла, если не вольность писателя.

В 1906 г. Эдвин окончил среднюю школу. Вероятно, учеба давалась ему легко, и он не очень утруждал себя занятиями. Сохранился рассказ о том, какие слова сказал ему на прощанье директор школы: «Эдвин Хаббл, я четыре года наблюдал за тобой и никогда не замечал, чтоб ты занимался хотя бы десять минут».

На мгновенье он сделал паузу, ужасную для Эдвина, и продолжал: «Вот тебе стипендия в Чикагский университет».

Шестнадцатилетним Эдвин Хаббл поступил в университет. Основанный в 1857 г. Чикагский университет входил в первую десятку лучших высших учебных заведений Америки. Здесь в начале века работал астроном Форест Мультон, автор одной из теорий образования Солнечной системы, замечательные физики Альберт Майкельсон и Роберт Милликен. Как будто Эдвин даже немного поработал ассистентом в лаборатории Милликена. Особенно же он интересовался астрономией и математикой.

Сам Эдвин не оставил воспоминаний о студенческой жизни. Он отдалился от семьи, и его сестры почти ничего не могут сказать об этих его годах. И Люси — миссис Уоссон, и Элен — миссис Лейн, вспоминают лишь, что в университете брат продолжал заниматься баскетболом. Однажды его команда даже встречалась с командой университета Висконсина, где тогда учился брат Билл. Футбольный тренер Алонзо Стэгг очень хотел, чтоб Эдвин выступал в его команде и просил об этом разрешения у мистера Джона Хаббла. Но отец считал футбол слишком грубой игрой и был неумолим. Не помогли и друзья-футболисты, которых Эдвин приглашал на уик-энды в семью. Слово отца было законом. А когда хитрый Эдвин стал особенно распространяться о травмах в бейсболе, любимой игре отца, тот сказал, что лучше бросить и это занятие. И Эдвин переключился на бокс, вероятно, считая, как думает Люси, что отец испортил ему жизнь.

Здесь он показал такие успехи, что тренер вознамерился превратить его в профессионального боксера. К счастью, этого не случилось.

Эдвин мечтал получить стипендию Сесиля Родса, имя которого еще недавно «красовалось» на карте колониальной Африки — Родезия. В начале века стипендии в 200—300 фунтов стерлингов было достаточно, чтобы безбедно прожить в Англии, особенно одинокому молодому человеку. Даже уже женатого Нильса Бора Резерфорд приглашал поработать в свою лабораторию на такое же жалованье. Но чтобы стипендию получить, нужно было не только хорошо учиться, но удовлетворять и другим требованиям — иметь возраст 19—25 лет, быть неженатым, обладать способностью жить в отрыве от дома, быть достаточно спортивным и здоровым, а главное, иметь в глазах руководства университета незапятнанную репутацию. С этим-то и возникли трудности. Эдвин не был образцово-показательным студентом и однажды вместе с приятелями по клубу не придумал ничего лучшего, чем из окна общежития бросать яйца, когда из чистки несли одежды студентов-теологов.

Тогда еще пластиковых мешков не было, и снаряды попадали точно в цель.

Но все обошлось благополучно, и в сентябре 1910 г. Эдвин вместе с другими молодыми людьми отправился за океан, получив двухлетнюю стипендию, продленную затем еще на год. Здесь, в Англии, в жизни Хаббла произошел первый крутой поворот. Вместо естественных наук, изучавшихся в Чикаго, ему пришлось заняться юриспруденцией. Почему это произошло, сам Хаббл никогда не писал. По-видимому так решили за него те, кто руководил стипендиатами. В 1974 г. миссис Люси Уоссон кое-что рассказала корреспондентке городской газеты Александрии, где она тогда жила. Как раз в это время известнейший журнал «Нейшнл Джиогрэфик» опубликовал статью «Первопроходцы в изучении Вселенной».

В статье кратко рассказывалось о семи ученых и их трудах — Копернике, Галилее, Кеплере, Ньютоне, Гершеле, Эйнштейне и Хаббле. Это и было поводом, чтобы обратиться к сестре знаменитого человека. Вспоминая о детстве и юности своего брата, Люси заметила: «...он не был определен в Кембридж, где мог бы совершенствоваться в науке. Вместо этого его определили в Колледж Королевы [Оксфорд], где он изучал международное право».

В Кембридж и Оксфорд доступ открыт лишь для избранных. «Мы берем элиту средних школ и готовим элиту страны»,— говорят преподаватели этих привилегированных университетов. Более 60 нобелевских лауреатов учились в Кембридже, почти все послевоенные премьеры Великобритании окончили Оксфорд, из этих университетов вышло большинство английских судей. Эдвин попал в особую среду; в Оксфорде в старинном Колледже Королевы он познакомился и подружился с сыновьями английской знати, будущими государственными деятелями, литераторами. Оксфорд давал гуманитарное образование, но кроме профессиональных знаний студенты получали умение вести себя, общаться с людьми, ценить культуру, получать удовольствие от спорта. Несомненно, именно в Оксфорде, готовясь стать юристом, Эдвин развил свой дар четко, убедительно, ярко и красиво излагать мысли. Здесь же он научился любить книгу, начал собирать свою библиотеку и много лет спустя, уже после его смерти, сестры подарили университету в Эль-Пасо две старинные книги, в то время приобретенные их братом,— сочинения Томаса Роберта Мальтуса и латинский трактат XVI века.

В Оксфорде сложился и весь внутренний и внешний облик Эдвина — сдержанность, манера вести себя с достоинством, тогда

же появилась и стала затем неизменной трубка, делавшая его в глазах окружающих старше и даже «ученей». Таким он оставался и до конца жизни. Алан Сендидж, узнавший Хаббла за несколько лет до его кончины, говорил: «абсолютная сила духа, моральная стойкость, никаких безрассудств, он был благороден, дворянин по облику, держался несколько высокомерно... Живи в Англии, он во всех отношениях был бы одним из англичан высшего общества». Но это не мешало ему увлеченно заниматься спортом — легкой атлетикой, боксом, греблей — в лучших традициях Оксфорда. Эдвин стремился познакомиться и с Европой. Дважды в летние каникулы он путешествует по Германии, проделав путь в 2000 миль, из них три четверти — на велосипеде.

Летом 1913 г. со степенью бакалавра права Эдвин возвратился домой в Луисвилль, где тогда жила его семья. Отец не дождался сына, он скончался в январе. Эдвин и старшие дети уже могли прочно стоять на ногах, а самой младшей — Элизабет — было тогда лишь восемь лет.

Обычно в. биографических очерках о Хаббле говорится, что год он занимался адвокатской практикой. Но несколько лет назад Алан Сендидж и Кип Торн, а вероятно, и другие астрономы получили копии статьи одного местного историка из Кентукки, в которой он с документами в руках доказывал, что Хаббл преподавал в школе и был тренером школьной баскетбольной команды. А еще, по воспоминаниям миссис Элен Лейн, для некоторых фирм он делал переводы с немецкого. Эдвин не был адвокатом, утверждает и она. На ее глазах проходила в тот год жизнь брата в Луисвилле. Она не забыла и подробностей: как к Эдвину приходили его друзья и мать угощала молодежь чаем и вкусными булочками с корицей, как Эдвин и его товарищ Уолтер Стенли Кемпбелл играли на мандолинах и кто-нибудь из них пел. Эдвин наслаждался неспешной провинциальной жизнью в семье, от которой был оторван уже много лет.

Другая сестра Хаббла миссис Элизабет Джеймс даже позвонила в суд штата Кентукки и через некоторое время получила официальный ответ: «...мы проверили наши записи и не можем обнаружить свидетельств того, чтоб Эдвин Пауэл Хаббл был даже допущен к юридической практике в Кентукки». Таков документальный конец одной из легенд о жизни Хаббла.

Эдвин Хаббл не чувствовал удовлетворения. Его тянуло к астрономии. Вероятно, он понял, что три года в Англии были шагом в сторону. «Астрономия подобна пастырскому служению,— сказал он однажды репортеру.— Нужен зов. После года юридической практики в Луисвилле я зов услышал». Биографы обычно приводят и его слова о том, что он «ради астрономии

отбросил право». «Я знал,— говорил Хаббл,— окажись я даже посредственным или плохим, это была бы астрономия»… Были ли сказаны такие слова или это опять легенда, судить трудно. Если верно первое, значит, Хабблу не хотелось признаться, что зря использовал заграничную стипендию, и он делал вид, будто год ее «отрабатывал». А может быть, он ничего и не говорил, и все это придумали те, кто стремился приукрасить его биографию, в чем она совсем не нуждалась.

Выбор жизненного пути, и уже окончательный, был сделан. Хаббл возвращается в Чикаго, в университет, чтобы на Йеркской обсерватории подготовить диссертацию на степень доктора философии. Обсерватория, созданная на средства чикагского трамвайного магната Чарльза Йеркса, скоро стала хорошо известной среди астрономов всего мира. Здесь установили 40-дюймовый рефрактор, до наших дней крупнейший телескоп этого типа. Затем па обсерватории появился и рефлектор с зеркалом в 24 дюйма.

Руководителем Хаббла стал тогдашний директор обсерватории профессор Эдвин Фрост, специалист по астроспектроскопии.

В августе 1914 г. на 17 съезде Американского астрономического общества в Эванстоне Хаббл впервые увидел многих астрономов страны. Его избирают в члены Общества. Вместе с ним членами Общества становятся известные в будущем астрономы Пиз, Пласкетт, ван Маанен, составительница знаменитых каталогов звездных параллаксов и ярких звезд Луиза Дженкинс и другие. На общем фото участников съезда в центре — Эдвард Пикеринг, президент Общества, другие видные астрономы, а справа с краю высокая фигура молодого Хаббла.

Здесь, на съезде, Хаббл, наверное, услышал о том, что Слайферу удалось определить лучевые скорости тринадцати туманностей. Результат был совершенно неожиданный. В отличие от звезд, скорости были очень большими, и многие туманности удалялись от нас. Быть может, это запомнилось Хабблу уже тогда.

На обсерватории Хаббл начал фотографирование на рефлекторе. Его первая научная работа — о звездах с заметными собственными движениями. Сравнив на блинк-компараторе несколько негативов, полученных им и примерно десятью годами ранее его предшественниками, Хаббл обнаружил, что смещения 12 звезд достаточно велики—от 0,2" до 1,5" в год. Четыре из них были пятнадцатой величины или слабее. «Насколько я знаю, это слабейшие звезды, у которых найдены заметные собственные движения,— писал Хаббл. Имея в виду малость исследованных полей, естественно предположить, что в окрестностях Солнца

должно быть значительное число таких слабых звезд». И действительно, все они оказались многочисленными карликами поздних спектральных классов, находящимися на расстояниях в несколько десятков парсеков от Солнца.

По пластинкам Барнарда Хаббл находит 12 неизвестных ранее переменных звезд. Но закончить работу ему помешала первая мировая война, и небольшую заметку о новых переменных он опубликовал лишь в 1920 г., уже работая на Маунтвилсоновской обсерватории.

Внимание Хаббла привлекает интересный объект — кометообразная туманность NGG 2261 с известной неправильной переменной звездой R Единорога. Когда он сравнил свой снимок 8 марта 1916 г. со снимком Джордана 1908 г., стало ясно, что структура туманности изменилась. Удалось изучить и пять негативов, снятых в разное время в Йерксской и Ликской обсерваториях, и получить из Англии копию снимка Исаака Робертса. Переменность туманности подтвердилась. Весной следующего года Хаббл нашел в ней новые изменения. Наиболее вероятным объяснением он считал движения отдельных деталей туманности, выбросы вещества из ее ядра. Объект заинтересовал Хаббла, и он возвращался к нему и несколько лет спустя и еще раз через треть столетия, уже на склоне своей жизни.

Но ни звезды, ни кометообразные туманности не стали темой его диссертации. Работа Хаббла называлась «Фотографические исследования слабых туманностей».

К этому времени туманностей было открыто уже около двух десятков тысяч, но, что они собою представляли, оставалось неизвестным. Туманностями называли всё: и газовые образования в нашей звездной системе, диффузные и планетарные, и удаленные галактики. В глазах наблюдателей их объединяло то, что на фотографиях на звезды они не разрешались. Спиральные туманности с необычайными лучевыми скоростями и исчезающе малыми собственными движениями, как некоторые уже догадывались, находились вне пределов нашей Галактики. Совсем неясной была природа бесчисленных маленьких и слабых туманностей: Сначала их нужно было изучить статистически и, как первый шаг, сделать систематический обзор с достаточно мощным телескопом.

С помощью рефлектора Хаббл сфотографировал 7 полей на небе вдали от Млечного Пути. Внимательно просматривая негативы, он обнаружил 512 новых туманностей в дополнение к 76 уже известным здесь ранее, измерил координаты и дал их описание, указав форму, яркость и размеры. В одном из полей туманности явно группировались вместе и на участке размером в

полную Луну находилось 75 объектов из 186 на всем исследованном поле. «Если предполагать, что они находятся за пределами звезд, то, вероятно, мы видим скопление галактик. Если же считать, что они внутри нашей системы, тогда их природа становится таинственной»,— заключал Хаббл.

Вот, в сущности, и все содержание его диссертации. А далее следовали совсем шаткие попытки доказать, что спиральные туманности — действительно далекие звездные системы — галактики. Несмотря на проблематичность исходных данных и метода расчета, все же получалось, «что спирали — это звездные системы на расстояниях, часто измеряемых миллионами световых лет». Об этом же, по мнению Хаббла, говорили и определения движения Солнца относительно спиралей, сделанные по их лучевым скоростям Труменом, Юнгом и Харпером.

На несколько лет научные интересы Хаббла ушли в сторону от внегалактических туманностей, тех объектов, о которых он писал в своей диссертации.

После первой мировой войны он занялся диффузными туманностями нашей Галактики. Но затем, и уже навсегда, он вернулся к изучению грандиозного мира галактик и открыл его человечеству. Фрост, доживший до 1935 г., своим учеником мог гордиться.

28 июня 1914 г. в Сараево прозвучал роковой выстрел, означавший начало первой мировой войны. Разумеется, смерть одного человека, даже наследника австрийского престола эрцгерцога Франца-Фердинанда, не могла быть причиной того, чтобы затем на протяжении 51 с половиной месяца миллионы людей — немцев, французов, англичан, русских, американцев и других убивали себе подобных. Это был лишь повод. Причина войны была глубже, она таилась в самой природе государств, схватившихся в кровавой битве. Первая мировая война была вызвана обострением противоречий между двумя группировками стран — Тройственным союзом и Тройственным согласием — в борьбе за сферы влияния, за источники сырья, за господство на нашей планете.

Основная борьба развернулась между Германией и Англией и Францией на западном фронте и между Германией и Россией на востоке. «Вы вернетесь домой еще до того, как с деревьев опадут листья», — напутствовал немецких солдат кайзер Вильгельм II. Не он один думал, что война будет кратковременной. Так полагали и многие другие руководители стран и армий. Но судьба сложилась иначе. Война превратилась в длительную и беспощадную бойню, стоившую 10 миллионов человеческих

жизней. Двадцать миллионов получили увечье, 76 миллионов человек были оторваны от семей, от мирного труда.

С той и другой стороны начались бесконечные и безрезультатные наступления, тяжелые отступления, топтания на месте, сидение в окопах. Барбара Такман в своей книге «Августовские пушки», которую высоко ценил президент Соединенных Штатов Джон Фицджеральд Кеннеди, так писала об этой войне: «Наступления, похожие на бойню, когда сотни и тысячи людей гибли, чтобы захватить десяток метров чужой территории, сменить одну траншею с болотной грязью на другую, оскорбляли здравый смысл и достоинство человека. Каждую осень говорили, что этот ужас кончится к зиме, но наступала весна, а войне по-прежнему не было видно конца...» Пришла весна 1917 г. До сих пор США были в стороне от событий в Европе, но 6 апреля наступил и их черед — президент Вудро Вилсон объявил войну Германии.

А в это время в самой мирной астрономической науке совершалось огромное событие. Заканчивалось изготовление зеркала для 100-дюймового рефлектора Маунтвилсоновской обсерватории, который на многие годы определил развитие всей астрономии. С этим инструментом впоследствии оказалась связанной и научная жизнь Эдвина Хаббла. Директор обсерватории Джордж Элери Хейл хотел собрать здесь лучших американских астрономов, способных ставить и решать важнейшие научные задачи. Получил приглашение и Хаббл, которого Хейл, в прошлом глава Иерксской обсерватории, заметил уже по его работе в Чикаго. Вероятно, он увидел в начинающем астрономе способности, трудолюбие и бесконечную преданность науке.

В весенние дни 1917 г. Хаббл спешно заканчивал свою докторскую диссертацию. После бессонной ночи работы, а затем наутро — устного экзамена Хаббл круто изменил свою жизнь — он вступил добровольно в американскую армию и Хейлу пошла краткая телеграмма: «С сожалением не могу принять Ваше предложение. Ухожу на войну».

В биографиях Хаббла не найти мотивов его решительного шага. Он был уже далеко не юнцом, ему шел двадцать восьмой год. Он окончил Чикагский университет, учился в Оксфорде, получил две специальности, вернулся в науку, достиг высшей ученой степени в США — доктора философии. Перед ним открывалось поле интересной научной деятельности на обсерватории, где вот-вот должен был начать работу самый большой в мире телескоп. По-видимому, уход Хаббла в армию был обдуманным поступком. Он пожил в Англии, полюбил эту

страну и, вероятно, сам хотел помочь ей в борьбе с врагом. Немало молодых американцев из университетов уходило тогда на военную службу: из Гарвардского — 325, Йельского — 187, из Чикагского — 34 человека. Хаббл попал в Первый учебный офицерский лагерь в Форте Шеридан в Иллинойсе, где овладел уже третьей специальностью — военной.

В мирное время у Америки не было большой регулярной армии. Теперь ее пришлось создать. Пятого августа 1917 г. была образована 86 дивизия Национальной армии «Черный ястреб». На ее эмблеме на фоне красного треугольного закругленного щита распростерла крылья черная птица. В конце августа началось формирование офицерского состава дивизии, в том числе и из выпускников Первого учебного лагеря. Капитан Эдвин Хаббл получил назначение командиром 2 батальона 343 пехотного полка. В декабре он стал майором, и серебристые полоски на его погонах заменил золотой кленовый листок. Дивизия росла, в нее вливались новобранцы из Иллинойса ж Висконсина. Началось обучение. Но до отправки на театр военных действий было еще далеко. Только в августе следующего года дивизию перебросили в Нью-Йорк для погрузки на транспорты, идущие в Европу.

1918 год стал последним годом первой мировой войны. Много событий произошло к этому времени. Миллионы людей полегли на полях сражений. Росло недовольство народов. В нашей стране произошла Великая Октябрьская социалистическая революция. Россия вышла из войны, резко ослабив тем самым силы Антанты. Немецкое командование понимало, что с прибытием американских экспедиционных сил на Европейский континент положение Германии должно только ухудшиться. Нужно было спешить в авантюристической попытке успеть до этого разгромить Францию и Англию. С марта 118 дней немцы делали попытки наступления, добиваясь временных успехов. А затем 18 июля началось ответное столь же длительное наступление союзников, поставившее кайзеровскую Германию на колени. Американские войска могучим потоком прибывали во Францию. Еще в мае 1917 г. лишь около 1300 человек пересекло океан, а к последнему дню войны их число перевалило за два миллиона.

Восьмого и девятого сентября 4918 г. дивизия, в которой служил Хаббл, погрузилась на корабли. Почти через две недели они подошли к берегам Англии. В водах Атлантики за американскими транспортами охотились десятки немецких подводных лодок. К осени 1918 г. потери союзников от их атак резко сократились. Транспорты охраняли сильные конвои из крейсеров и эсминцев. Близ английских берегов несли дозор

сотни самолетов и дирижаблей. Суда с дивизией на борту благополучно достигли Ливерпуля, а 23 сентября солдаты высадились на французский берег в Гавре и Шербуре. Оттуда дивизия проследовала на юг в район Бордо. До конца войны оставалось всего лишь полтора месяца. Дивизия «Черный ястреб», как и полтора десятка других американских дивизий, не успела принять участие в боевых действиях, оставаясь близ Бордо до 8 ноября, начала ее переброски на север к Ле Мансу.

Мы мало знаем о военном периоде жизни Хаббла. Вероятно, особенно значительных событий не было, шла обычная боевая подготовка. Хаббла военная служба не тяготила. Ему нравились четкий армейский распорядок, простота отношений между людьми, дисциплина. Однако он отнюдь не был механическим солдафоном. Ему не изменяли ни находчивость, ни чувство юмора. Сохранился забавный рассказ, героем которого был Хаббл. Однажды он ездил по плацу на велосипеде. Увидев генерала, Хаббл остановился, отдал честь и непринужденно сказал: «Доброе утро, генерал, прекрасный день, сэр».— «Майор, Вы что не знаете, какой порядок поведения предписывают мои приказы для офицеров при встрече со мной?» — рявкнул генерал. А он приказал, чтобы офицеры называли свое имя и звание и докладывали, что они делают в данный момент. Хаббл знал приказ и выполнил его предельно точно. Он вытянулся, выпучил глаза, приложил Руку к козырьку, затем вскочил на велосипед и уже на ходу лихо отрапортовал: «Сэр, майор Хаббл из 86 пехотной дивизии садится на велосипед и уезжает прочь!»,

Вторая половина октября, начало ноября 1918 г. Союзные армии наносят по врагу удар за ударом. Укрепленные позиции германских войск прорваны. Крах Германии приближается с каждым днем. Один за другим откалываются ее партнеры — заключает перемирие с Антантой Болгария, выходит из войны Турция, 3 ноября капитулирует Австро-Венгрия. Восьмого ноября германская делегация прибывает в Компьенский лес, где три дня спустя подписывает условия перемирия, продиктованные маршалом Фошем.

В тот же день 11 ноября было опубликовано последнее коммюнике командования Американского экспедиционного корпуса в Европе:

«Понедельник, утро. В соответствии с соглашением о перемирии военные действия на фронтах американских армий прекращены в 11 часов утра».

Дивизия Хаббла не воевала и не потеряла ни одного человека. И надо же так случиться, что сам Хаббл в первых числах ноября от разорвавшейся гранаты получил контузию и

повреждение правого локтя (если это только не легенда).

Американские солдаты рвались на родину. Но переправить через океан два миллиона человек было непросто. Дивизия Хаббла уже с декабря по частям начала возвращаться домой, но только в начале августа следующего года последние ее солдаты достигли родных берегов. Хаббла в дивизии уже не было. Как юриста по образованию, его направили служить в военный трибунал, а затем он воз1лавил группу американских офицеров, принятых в английские университеты Оксфорда, Кембриджа и Уэллса для учебы до отправки в Америку. В конце августа 1919 г. в Соединенные Штаты вернулся и Хаббл, проведший во Франции и Англии почти год. С собой он привез военные реликвии — стальную каску, скрещенные винтовки с фуражки, золотые кленовые листья майорских погон и немецкий трофей — кинжал, нужный ему, как он говорил, для разрезания французских книг.

В Сан-Франциско Хаббл демобилизовался и поспешил в Пасадену, чтоб принять предложение Хейла. Вакансия сохранилась и с сентября Хаббл был зачислен в Маунтвилсоновскую обсерваторию. В его жизни начался самый главный этап, превративший начинающего астронома в замечательного ученого двадцатого столетия.

В преддверьи главных дел

Маунтвилсоновская обсерватория была основана весной 1904 г. знаменитым исследователем Солнца Джорджем Элери Хейлом. В историю астрономии Хейл вошел прежде всего как выдающийся организатор науки, видевший далекие перспективы, предприимчивый, неутомимый в достижении цели и исключительно удачливый. В его голове роились проекты один грандиознее другого. Это он в свое время уговорил Йеркса дать деньги на метровый рефрактор и строительство обсерватории близ Чикаго.

Хейл понимал, что для успешных наблюдений Солнца требуются крупные инструменты, установленные там, где особенно много ясной погоды. Таким местом была Южная Калифорния.

В 1901 г. отошел от дел Эндрью Карнеги, первым внедривший в США бессемеровский процесс варки стали и сколотивший на этом огромное состояние. Карнеги был не чужд благотворительности, давая деньги на организацию множества библиотек, а в 1902 г. основал в Вашингтоне институт своего имени. Об этом Хейл узнал совершенно случайно и сразу же понял, что такую золотую жилу упускать нельзя. Прошло несколько месяцев и на средства института из Йеркссской обсерватории на калифорнийскую вершину Маунт Вилсон Хейл перенес солнечный телескоп. Условия для наблюдений оказались великолепными. Ежегодно около 200 дней царила здесь ясная погода, еще дней 100 можно было наблюдать при переменной облачности. Высокую прозрачность атмосферы подтверждали измерения Аббота, а Барнарду удалось сделать замечательные снимки южного Млечного Пути со звездными облаками и протяженными туманностями, неизвестными ранее.

Первоначально обсерватория Маунт Вилсон называлась Солнечной и ее главной задачей считалось изучение Солнца «как типичной звезды в связи со звездной эволюцией», но Хейл, ставший директором новой обсерватории, уже мечтал о том, чтоб на Маунт Вилсон установить большие звездные телескопы. И на этот раз его замыслы осуществились. В 1908 г. на обсерватории начал работать самый крупный в ту пору шестидесятидюймовый рефлектор. А когда в конце 1907 г. упряжка мулов по проселочной дороге тащила на гору повозку с зеркалом для этого инструмента, Хейлу сообщили, что французская фирма зеркального стекла в Сен-Гобене уже изготовила заказанный им

диск размером в 100 дюймов. Деньги на его оплату удалось раздобыть у лос-анджелесского богача Джона Хукера. Тогда и фонд Карнеги выделил средства на строительство самого телескопа.

В это время интересы Хейла переключились на спиральные туманности. «Стодюймовый рефлектор с фокусным расстоянием в 50 футов,— писал он в 1907 г.,— должен быть пригодным для фотографирования таких объектов с исключительным успехом». А поскольку истинную природу спиралей еще не знали, будущее нового телескопа Хейл видел в решении проблемы образования планетных систем. «В отношении работ Чемберлина и Мультона по небулярной гипотезе и теоретического изучения спиральных туманностей... наблюдательные доказательства с помощью нового инструмента должны иметь величайшее значение»,— продолжал он. Сто дюймовый рефлектор действительно сыграл в астрономии выдающуюся роль, но совсем не ту, которая представлялась тогда Хейлу.

К приезду Хаббла обсерватория в основном уже сложилась. Прошли те времена, когда астрономы ютились в «Монастыре» — небольшом одноэтажном домике на горе, где были и офис, и библиотека, и жилье. В Пасадене на Санта-Барбара стрит 813 по проекту архитектора Ханта соорудили двухэтажное с полуподвалом здание с кабинетами, библиотекой, административными помещениями. Особенно радовало астрономов, что наконец-то стало возможным расставить по порядку книги и журналы. Библиотека украсилась портретом одного из пионеров астроспектроскопии сэра Уильяма Хеггинса. Затем появился и большой портрет маслом Джона Хукера, скончавшегося в 1911 г. Во дворе по замыслу Джорджа Хейла выросли оптический цех, физическая лаборатория и другие постройки.

Между Пасаденой и обсерваторией уже по хорошей дороге регулярно курсировали автомобили, за два с небольшим часа доставлявшие наблюдателей из долины на гору. Но самым главным событием было то, что в ноябре 1917 г. 100-дюймовый рефлектор вступил в строй.

Хаббл попал в группу фотографирования туманностей, где уже работали Дункан, Пиз и Санфорд. Здесь он встретился с Милтоном Хьюмасоном, только что зачисленным в научные штаты. За два года до этого Хьюмасон, сын калифорнийского банкира, нанялся на обсерваторию дворником, еще в 14 лет решив, что учиться в школе он больше не будет. Два других дворника так ими и остались, а любознательный Хьюмасон, научившийся и управлять повозкой с мулами, и возиться с

часовым механизмом телескопа, и помогать в фотолаборатории, невольно обратил на себя внимание. Вскоре он всерьез занялся астрономией и стал ночным ассистентом, а затем замечательным астрономом-наблюдателем—одним из немногих, с кем впоследствии Хаббл трудился вместе.

Хьюмасон вспоминал: «Моя собственная первая встреча с Хабблом произошла, когда он только что начинал работать на Маунт Вилсон. В ту ночь я получил яркое впечатление о человеке и сохранил его на годы. Гидируя стоя, он фотографировал в ньютоновском фокусе 60-дюймовика. Его высокая статная фигура и трубка в зубах четко вырисовывались на небе. Свежий ветер трепал полы его теплой шинели и иногда срывал искры из трубки в темноту башни. По нашей маунтвилсоновской шкале изображения в ту ночь считались очень плохими, но когда после проявления своей пластинки в темной комнате Хаббл вернулся, он ликовал: «Я всегда смогу получить нужные мне фотографии на маунтвилсоновских инструментах». Уверенность и энтузиазм этой ночи были обычными для него при решении всех своих проблем. Он твердо знал, что хотел делать и как это выполнить».

Хейл в своем выборе не ошибся. На обсерватории появился энергичный и деятельный сотрудник. Хаббл наблюдает буквально на всех инструментах — на 60- и 100-дюймовом рефлекторах и на первых порах особенно много на 10-дюймовом астрографе. Отчеты обсерватории пестрят упоминаниями о полученных им сотнях негативов часто с экспозициями по 4—5 часов. А одну область в Змееносце он снимает даже девятнадцать часов, экспонируя пластинку три ночи подряд. Правда, много лет спустя Остерброк заметил, что «Хаббл, как показывают его старые маунтвилсоновские пластинки, технически был довольно плохим наблюдателем, но он обладал огромной энергией и творческой проницательностью». Хорошие негативы — это и искусство наблюдений, которым владеет далеко не каждый, и выбор ночей, когда изображения звезд не размыты, а выглядят четкими точками. Трудно сказать, чего, по словам Остерброка, не хватало Хабблу — умения ли наблюдать или решимости бросать работу при плохом состоянии атмосферы. Может быть, именно второго, а тогда, естественно, среди множества пластинок замечательных окажется не так уж много, ведь Маунт Вилсон никогда не славилась особенным спокойствием атмосферы.

Хаббл поставил своей первой целью изучить светлые и темные туманности вдоль Млечного Пути. Много лет спустя Мейол писал: «Его познания отдельных туманностей были энциклопедичны. Сто с лишним объектов Мессье были известны ему, как азбука. Он знал буквально сотни объектов NGC [Нового

общего каталога] с такими подробностями, что помнил их структуру, принадлежность к парам, кратным системам или скоплениям... Млечный Путь с его сложной структурой ярких и темных областей, звездными скоплениями, планетарными туманностями, туманными звездами он знал так же основательно, как лоцман, по бакенам прокладывающий путь через запутанную систему протоков и мелководья. Однажды, когда на Маунт Вилсон новичок из Беркли безуспешно пытался навести 60-дюймовик на объект, Хаббл вошел в башню, оценил боевую обстановку, с пола взглянул вдоль трубы и скомандовал: «К склонению плюс пять градусов!»

На 10-дюймовый астрограф он прикрепляет несколько малых широкоугольных светосильных камер, чтобы снимать обширные области неба. На снимках обрисовываются крупные детали Млечного Пути. Несколько больших темных туманностей удается обнаружить вдалеке от средней линии Млечного Пути, а одну такую туманность Хаббл и Дункан нашли даже в 37° от нее. Казалось бы, все это достойно подробного описания, но почему-то ничего Хаббл не опубликовал.

Впрочем, так было не раз. Хаббл регулярно фотографирует на больших рефлекторах переменную туманность в Единороге, за которой начал следить еще на Йеркской обсерватории, включает в программу другие объекты. Некоторые из них на протяжении трех лет явно меняются, другие остаются постоянными. И опять — никакой, даже маленькой заметки. В одном из отчетов обсерватории, обычно точных и достоверных, говорится, что Хаббл нашел три новых шаровых скопления. Но какие — так и осталось неизвестно. В современных каталогах скоплений их нет.

Первая работа Хаббла после возвращения из армии — коротенькое сообщение о группе слабых туманностей под единым номером NGC 1499, разбросанных в Персее на площади в несколько лунных дисков. По снимкам с объективной призмой Хаббл обнаружил в их спектрах эмиссионные линии водорода, гелия и кислорода. По таким же снимкам он убеждается, что известная ранее маленькая туманность 1С 2003 является планетарной. В ее спектре особенно яркими оказались характерные линии небулия — предполагаемого нового элемента, понять природу которого удалось нескоро.

Обзор неба с объективной призмой приносит и новые открытия. Хаббл обнаруживает двенадцать планетарных туманностей. Половина из них уже отмечалась другими наблюдателями, но он устанавливает их истинную природу. Особенно интересными были шесть слабых туманностей малых размеров, в которых даже с крупными инструментами

рассмотреть центральные звезды не удавалось. Сейчас такие компактные объекты считаются планетарными туманностями на самых ранних этапах их образования. Хьюмасон также открывает две маленькие туманности, а Хаббл разглядывает их в фокусе 60-дюймового рефлектора. По-видимому, это был первый случай, когда два выдающихся наблюдателя объединили свои усилия.

На снимках с объективной призмой Хаббл находит не только галактические эмиссионные туманности. Он отмечает широкие и яркие линии и у нескольких объектов, много лет спустя названных по имени их исследователя сейфертовскими галактиками. Эмиссии в спектре одной из них, галактики NGC 4151, Хаббл обнаружил вероятно впервые.

В мае 1922 г. Хаббл сдает в «Астрофизикл джорнэл» замечательную работу «Общее исследование диффузных галактических туманностей». До сих пор она не утратила своего значения, развитие науки не поколебало, а только утвердило то, о чем много лет назад писал Хаббл.

Прежде всего он четко разделил все туманности на два типа: галактические, связанные с полосой Млечного Пути, и негалактические, находящиеся в высоких широтах и избегающие плоскости нашей звездной системы. Тогда еще твердо не знали, что вторые — это внегалактические объекты, другие подобные нашей звездные системы, но удаленные на огромные расстояния. К их изучению Хаббл приступил позже.

Галактические туманности существуют двух видов: планетарные и не имеющие столь правильной и четкой формы диффузные. В свою очередь диффузные туманности могут быть либо светлыми, напоминающими порой изящную сетку легких облаков, либо темными, как бы пустотами на фоне звездного неба. Мореплаватели южных морей давно заметили один из таких темных участков в ярком Млечном Пути — «Угольный мешок». Хаббл впервые установил, что светлые диффузные туманности группируются как к Млечному Пути, так и к большому кругу, наклоненному к нему под углом примерно в 20°, Вдоль этого же круга, уже известного с 1879 г. «Пояса Гулда», располагались и яркие голубые звезды. Такую же тенденцию имели и рассмотренные Хабблом темные туманности.

Изучив спектры примерно 60 светлых туманностей, Хаббл обнаружил, что у половины из них он непрерывный. Они-то главным образом и следовали «Поясу Гулда». А остальные, преимущественно в Млечном Пути, имели в спектрах эмиссионные линии. Но это не были планетарные туманности ни по форме, ни по спектру. У них эмиссионная водородная линия Нр оказывалась сильнее линий небулия.

В светлых диффузных туманностях Хаббл находил явно связанные с ними звезды, но звезды различные, В туманностях с непрерывным спектром ими были объекты поздних спектральных классов, начиная с В1, в эмиссионных — объекты более высоких температур, классов О—ВО.

«Определенная зависимость между спектрами туманностей и связанных с ними звезд указывает, что источником свечения туманностей является излучение от этих звезд. Согласно такой точке зрения, сами туманности свечением не обладают и это есть либо возбуждение эмиссии светом звезды раннего типа, либо просто отражение света звезды позднего типа». Такой основной вывод сделал Хаббл из своего исследования.

Что источник свечения туманностей с непрерывным спектром именно звезды, Хаббл смог проверить и количественно в своей следующей работе. Еще до него подобные проверки на нескольких объектах делали Слайфер в Герцшпрунг. У Хаббла же накопилось более восьмидесяти снимков туманностей, полученных и на крупнейших инструментах — 60- и 100-дюймовых рефлекторах — и на малых камерах. Несложно показать, что при одинаковых условиях фотографирования предельный размер, до которого прослеживается туманность, и видимая величина звезды, находящейся в ней, должны быть связаны определенным соотношением. Так оно и оказалось. «Диффузные туманности,— писал Хаббл,— светятся благодаря включенным в них или соседним звездам и в каждой точке они переизлучают точно столько же световой радиации, сколько получают ее от звезд. Когда звезд достаточной яркости в окрестностях нет или они располагаются не так, чтобы осветить туманность, наблюдаемую с Земли, облако вещества представит собой темную туманность».

От зависимости, найденной Хабблом, естественно уклонялись те диффузные туманности, которые наблюдаются в условиях, когда свет звезд сильно ослаблен пылевым веществом. Но еще более интересным оказалось то, что планетарные туманности светили в сотню раз ярче, чем указывала простая теория. Это означало, что от звезды туманность получала невидимую ультрафиолетовую радиацию, которая затем переизлучалась в доступном исследователю световом диапазоне. Такой правильный вывод сделал Хаббл из своих наблюдений. Однако он также допускал, что свечение планетарной туманности возбуждают и потоки корпускул, летящих от звезды.

Проблема, над которой трудился Хаббл в первые годы на Маунт Вилсон, была решена. Перед ним открывалось новое, неоглядное поле исследований — внегалактические туманности.

Изучая галактические туманности, Хаббл, несомненно, думал

и о туманностях вне полосы Млечного Пути, возвращаясь к вопросам, занимавшим его еще до войны. Уже не первый год на обсерватории фотографировались эти объекты, особенно в весенние ночи, когда Млечный Путь лежит вдоль горизонта. На снимках, полученных на крупнейших инструментах, перед наблюдателями предстал мир объектов разнообразнейших и одновременно во многом общих форм. Первой стала задача разобраться в структурах объектов, выявить их основные типы.

Классификацией галактических и внегалактических туманностей Хаббл начал заниматься одновременно. По множеству снимков он выделил четыре типа внегалактических туманностей: спиральные, удлиненные (куда включил веретенообразные и овальные), шарообразные и иррегулярные, которые не удавалось отнести к остальным типам.

Эта классификация была некоторым компромиссом между теми, что уже предлагались в науке. Кертису, например, казалось, что вообще туманностей всего лишь три типа — планетарные, диффузные и спиральные. Однако снимки с большими рефлекторами убеждали, что Далеко не все туманности, видимые в удалении от Млечного Пути, обязательно имеют спиральную структуру. Среди них немало и таких, у которых нет и признаков спиральных рукавов, и они выглядят на негативах эллиптическими с падающей к краю яркостью. Пример тому — ближайший сосед спиральной туманности Андромеды, почти круглая туманность М32. Иные же туманности, несомненно, имели неправильную форму.

Другой крайностью были излишне подробные или описательные классификации без сколько-нибудь четких критериев. Так, Макс Вольф уже давно предлагал схему из 23 типов, приписать которые конкретной туманности порой далеко не просто. Очень нечеткой была и классификация Рейнольдса.

В комиссии по туманностям Международного астрономического союза американские ученые представили классификацию Хаббла. Из нее убрали только лишнее слово «удлиненные» и два подтипа — «веретенообразные» и «овальные» — обрели самостоятельное значение. Но президент комиссии француз Бигурден просто игнорировал труд тогда еще мало известного американца и в своем отчете предложил уже опубликованную собственную классификацию. Поддержки это не встретило и вскоре шведский астроном Кнут Лундмарк писал Кэмцбеллу, директору Ликской обсерватории: «Я восхищен работой Бигурдена, но должен повторить, что испытываю разочарование при чтении его отчета».

В 1922 г. президентом комиссии стал видный американский

астроном Весто Слайфер. К нему стали стекаться все идеи об исследованиях туманностей.

Хаббл в это время находился под влиянием эволюционных представлений Джинса. Не он одна думал тогда, что в многообразии форм внегалактических туманностей кроется эволюционный смысл. В документе американской секции комиссии по туманностям говорилось: «По-видимому, мы преуспели в эволюционной классификации звезд и с некоторой надеждой можем ожидать то время, когда нечто подобное станет возможным пытаться сделать и с туманностями». В одном из писем Слайферу Хаббл замечал: «Для понимания физического смысла наблюдатель может рассматривать теорию Джинса как путеводную нить, которая позволит сделать классификацию негалактических туманностей наглядной». И все же он проявлял большую осторожность. «В предлагаемой ныне схеме сознательно сделана попытка игнорировать теорию и разобраться с данными только с наблюдательной точки зрения» — такими словами предваряет Хаббл новую и уже фактически окончательную схему классификации, которую направил Слайферу 24 июля 1923 г.— «Я посылаю Вам,— писал он,— некоторые заметки о системе классификации туманностей, основанной на фотографических изображениях. Вместо того чтобы превратить их в статью для публикации, мне казалось бы лучше предложить ее комиссии по туманностям, как основу для обсуждения, результатом которого могла бы стать классификация, одобренная комиссией и утвержденная Международным астрономическим союзом».

Классификация Хаббла стройна и проста. Он разбил все внегалактические туманности на три типа: эллиптические — E, спиральные — S и иррегулярные I. Первые имеют эллиптическую форму с разным сжатием, от почти круглых до очень сплюснутых. Вторые, с характерными спиральными рукавами, разбиваются на нормальные спирали S, в которых рукава исходят из центральной области, и пересеченные спирали SB с прямой, проходящей через центр перемычкой, от которой и начинаются рукава. В соответствии с тем, как закручены рукава, сколь быстро они удаляются от центра, туманности обозначаются буквами a, b и c и условно называются ранними, промежуточными и поздними. И, наконец, последний тип — это галактики неправильной формы.

Описание классификации было разослано членам комиссии по туманностям. В феврале 1924 г. Хаббл вновь обратился к Слайферу: «Мистер Хейл считает, что систему классификации мне следовало бы опубликовать. Я же предпочитаю, чтобы дело шло через комиссию, если это возможно в пределах достаточно коротких сроков».

Летом 1925 г. в Кембридже, Англия, собрался второй съезд Астрономического союза. Комиссия по туманностям довольно холодно отнеслась к новым предложениям Хаббла. Ее членам казалось, что в классификации все-таки заложены понятия, вызывающие мысли о еще мало изученных физических свойствах туманностей. Хотелось чисто описательной системы, и классификацию Хаббла, как официальную,, комиссия не утвердила.

Весной 1926 г. вдова известного английского астронома Исаака Робертса миссис Дороти Клампке-Робертс (она была членом комиссии) во французском научно-популярном журнале публикует отчет о работе комиссии. Классификацию Хаббла она называет прекрасной и впервые излагает ее в печати. Теперь уж не только члены комиссии, но и все астрономы могли познакомиться с нею.

Вероятно, убедившись, что через комиссию его классификация не пройдет, в сентябре 1926 г. Хаббл посылает в «Астрофизикл джорнэл» большую статью о внегалактических туманностях. В декабре она уже вышла в свет. А краткий очерк классификации появился в августовском номере «Публикаций Тихоокеанского астрономического общества». Теперь Хаббл не только дает описания, но приводит и фотографии характерных представителей всех типов внегалактических туманностей. Около 97% всех рассмотренных туманностей обладали центральной симметрией, и только 3% Хаббл отнес к иррегулярным. «Хотя было твердое стремление найти описательную классификацию, совершенно независимую от теоретических соображений, результаты оказались почти идентичными с последовательностью развития газовых масс, установленной Джинсом из чисто теоретических исследований. Согласие весьма многозначительно, и теорию Джинса следовало бы использовать как для интерпретации наблюдений, так и для целенаправленных исследований. Однако следует иметь в виду, что основа классификации описательная и совершенно не зависит от какой-либо теории»,— так в целом подытожил Хаббл результаты своей работы.

Классифицировав туманности с известными видимыми интегральными звездными величинами, Хаббл приступил к их статистическому исследованию. Он обнаружил, что эти звездные величины и диаметры туманностей связаны между собой, а параметр этой связи закономерно меняется от круглых ко все более сплюснутым эллиптическим туманностям и далее от ранних к поздним спиралям. Тогда этот результат казался Хабблу по-видимому особенно интересным. Но с современной точки

зрения гораздо важнее было другое, Хаббл уже знал расстояния семи туманностей, и смог оценить их полные истинные светимости или, говоря на языке астрономов, абсолютные звездные величины. Определены были и абсолютные величины самых ярких звезд в их составе. Оказалось, что абсолютные величины туманностей довольно близки. А если это так, то открывался путь по видимым звездным величинам хотя бы приближенно судить о расстояниях тех туманностей, в которых даже с самыми мощными телескопами различить отдельные звезды уже нельзя. И поныне видимая величина остается единственной мерой расстояния галактик, когда все прочие методы уже бессильны.

Хаббл получил и другой важнейший результат. Подсчитывая туманности в зависимости от звездной величины он установил, что чем они слабее, тем больше обнаруживается их на пластинках. И это происходило так, как должно быть при достаточно равномерном распределении объектов в пространстве. Одна туманность в среднем приходилась на 1017 кубических парсеков, грубо говоря, они отстояли друг от друга на расстоянии 570 килопарсеков.

Итак, в 1923 г. Хаббл сообщил разработанную им классификацию членам комиссии по туманностям Международного астрономического союза, а три года спустя она была полностью напечатана в самом известном журнале. И вдруг совершенно неожиданно весной 1926 г. Кнут Лундмарк предложил свою систему классификации, во многом похожую на хаббловскую.

Лундмарк также разделил все туманности на галактические и, как он называл, «анагалактические», а последние — на эллиптические, спиральные и объекты типа Магеллановых Облаков, т. е. неправильные.

Двадцать второго июня возмущенный Хаббл пишет Слайферу: «Я вижу, что Лундмарк опубликовал «Предварительную классификацию туманностей», исключая практически номенклатуру, совпадающую с моею собственной. Он беззастенчиво игнорировал мое существование и претендует на то, что это исключительно его собственная идея. Я официально обращаю на это Ваше внимание, поскольку не намерен позволить ему таким легким способом присвоить результаты упорного труда». Резкое письмо послал Хаббл и Лундмарку. «Могли ли Вы вообразить, чтоб коллеги радушно принимали Вас, зная, что нужно публиковаться до того, как они расскажут о своих результатах?» — гневно спрашивал он. Неприязнь к Лундмарку осталась у Хаббла на всю жизнь. Совсем по другому поводу о

недоверии к нему как ученому и человеку Хаббл писал Шепли: «Необходимы независимые исследования и подтверждения всего, что бы он ни опубликовал... Он смешивает хорошее и плохое, факты и выдумки таким образом, что общий смысл его результатов совершенно вводит в заблуждение».

Основания для таких писем, несомненно, были. На протяжении двух лет с июня 1921 г. Лундмарк работает на Маунт Вшгсон бок о бок с Хабблом. Как будто бы ничто не омрачало тогда отношений двух ученых, и они вместе исследуют интересную сверхновую Z Центавра. Именно тогда Хаббл разрабатывает свой первый вариант классификации туманностей, печатает его в «Астрофизикл джорнэл», и Лундмарк просто не может об этом не знать, живи он в эти годы даже не в Америке, а у себя на родине в Швеции. Наконец, о работе Хаббла можно было прочесть и в другом журнале — «Публикациях Тихоокеанского астрономического общества», где доктор Адаме описывал успехи обсерватории за 1922— 1923 гг.

В этой неприятной истории трудно объяснить и другое. Лундмарк присутствовал на заседании комиссии по туманностям, когда обсуждалась схема Хаббла. Но в своей статье он ни словом не обмолвился о том, что, казалось бы, должен был слышать в Кембридже. Он упомянул Хаббла только раз и только потому, что тот предложил термин «галактические туманности». Все это выглядело очень странным.

Американские исследователи Харт и Верендзен попытались разобраться в том, как создавалась классификация галактик. «Обоснованность утверждений Хаббла до сих пор не доказана,— считают они,— хотя два замечания сделать можно. Во-первых, в отличие от хаббловской, статья Лундмарка явно не опиралась на работу Джинса и не обращалась к какой-либо эволюционной схеме, а во-вторых, Лундмарк работал над классификацией по крайней мере с 1922 г.».

Едва ли можно с этим согласиться. Хабблу, несомненно, нравилась теория Джинса, но он не раз подчеркивал независимость своей схемы от нее. В мае 1922 г. Лундмарк сообщил Кемпбеллу о том, что одно из направлений его работы на Маунт Вилсон, заинтересовавшее Хейла, «будет статистическим исследованием известных спиралей в связи с вопросом классификации негалактических туманностей». Едва ли из этих слов следует, что одновременно с Хабблом и независимо от него Лундмарк занимался той же проблемой. А других, более весомых доказательств у историков астрономии, видно, не нашлось.

В пользу Лундмарка говорит лишь одно. Все-таки его схема

не повторяет заново хаббловскую. Так, классификацию эллиптических туманностей Лундмарк делает не по видимому сжатию объектов, а по концентраций света к их центру. Разнообразнее и критерии для спиральных туманностей: здесь и концентрация света, и общий вид рукавов и т. п.

В большой и интересной работе 1927 г. о внегалактических туманностях Лундмарк с благодарностью вспомнил многих коллег с Маунт Вилсон, но только не Хаббла. Он ответил ему столь же резко. Да, он действительно приезжал в Кембридж, но тогда еще не был членом комиссии по туманностям и ничего не знал ни о меморандуме Хаббла, ни о работах того по классификации после 1922 г. Собственная же его схема — отнюдь не повторяет хаббловскую. А если уж вспоминать прошлое, язвительно замечал Лундмарк, то термин «эллиптические» и «спиральные» туманности впервые употребили Александер и Росс задолго до Хаббла, еще в середине прошлого века.

Много лет прошло с тех пор, и сейчас ссора двух астрономов может волновать лишь историков науки. Сама же наука сделала однозначно выбор в пользу классификации Хаббла, так никогда официально и не утвержденной. «Она очень проста, — говорил замечательный астроном Вальтер Бааде,— но по существу нет особого смысла в создании схемы классификации, учитывающей все мелкие детали спиральной структуры. О достоинствах системы Хаббла я говорю по опыту. Я использовал ее 30 лет и, хотя упорно искал объекты, которые действительно нельзя было бы уложить в хаббловскую систему, их число оказывалось столь ничтожным, что я могу их пересчитать по пальцам... Если не говорить о двойных системах, то я уверен, что число исключений станет до неправдоподобности малым. Настолько эффективна система Хаббла».

Но утвердилась она не сразу. В 1927 г. Рейнольдс выступил с возражениями. Классификация казалась ему слишком упрощенной, не отражающей многих деталей туманностей. И он хотел, чтобы астрономы вернулись к его собственной системе, дополнив ее новыми критериями. В ответе Рейнольдсу Хаббл напомнил свой исходный принцип: «Большой диапазон в структурных Деталях существует, и именно по этой причине первая общая классификация по возможности должна быть простой». Попытался и Шепли, комбинируя подходы Лундмарка и Хаббла, создать новую компромиссную систему. Но ни одна из классификаций — Рейнольдса, Лундмарка и Шедди — так и не привилась.

Вот уже более 60 лет классификация Хаббла служит науке и все усовершенствования не затронули ее существа.

В 1979 г. Ланг и Гингерич выпустили интереснейший сборник «Книга первоисточников по астрономии и астрофизике, 1900—1975», в которой слово в слово воспроизвели все главнейшие исследования, определившие облик нашей науки за три четверти столетия. Высокая честь выпала на долю трех работ Хаббла, и первой среди них была его статья о классификации внегалактических туманностей. Вторая доказывала, что такие туманности — грандиозные звездные системы далеко в пространстве за границами нашей Галактики, а третья содержала закон их движения — закон Хаббла.

Острова Вселенной

Уже около полутораста лет со времен Вильяма Гершеля астрономы изучали бесчисленные туманности — открывали все новые объекты, измеряли их координаты, описывали. Но истинная природа туманностей оставалась загадочной. Одни считали, что туманности связаны с миром окружающих нас звезд, другие смело предполагали, что это независимые звездные системы, подобные нашей Галактике, но только удаленные на огромные расстояния. То одна, то другая конкурирующая точка зрения находила своих приверженцев.

Двадцать шестого апреля 1920 г. Национальная академия наук США организовала в Вашингтоне диспут между двумя ведущими астрономами — Харлоу Шепли и Гербертом Кертисом. И хотя главной темой диспута было строение нашей Галактики, был затронут и вопрос о том, что представляют собой спиральные туманности.

— «Спиральные туманности — не внутригалактические объекты,— утверждал Кертис,— а островные вселенные, подобные нашей собственной Галактике».

— «Факты противоречат тому, что спиральные туманности являются галактиками звезд, сравнимыми с нашей собственной. Пока нет никаких причин отказываться от гипотезы, что спиральные туманности вообще состоят не из звезд, а представляют собой подлинно диффузные объекты»,— отвечал Шепли.

В споре истина не родилась, да она и не могла тогда родиться — решающих аргументов и прежде всего, данных о расстояниях туманностей у участников дискуссии не было.

Из всех туманностей особенно выделяется крупнейшая туманность в созвездии Андромеды, известная человечеству уже по крайней мере тысячу лет, с тех пор как ее впервые упомянул в своем трактате выдающийся арабский астроном X века Аль-Суфи. История изучения туманности Андромеды в Европе началась с 1612 г., когда, ничего не зная о книге Аль-Суфи, обнаружил ее с помощью телескопа немецкий астроном Симон Мариус. В свои еще несовершенные инструменты туманность рассматривали Флемстид, Кассини, Мессье (он и внес ее в свой знаменитый каталог под номером 31) и многие другие. Не раз наблюдал ее Гершель. Его представления о туманности непрерывно менялись. То ему казалось, что она вот-вот должна разложиться на отдельные звезды, то представлялась диффузной, наподобие

многих других, как потом выяснилось, газовых объектов.

В 1885 г. в туманности вспыхнуло новое светило — яркая звезда, знаменитая сверхновая S Андромеды. Несколько лет спустя богатый английский любитель астрономии Исаак Роберте на телескопе с зеркалом в 20 дюймов получает серию негативов туманности. На его прекрасных снимках у туманности обнаружились спиральные рукава, а на них уже можно было разглядеть отдельные точки — звезды. О том, что объект не сгусток газа, говорили и спектральные наблюдения. Уильям Хеггинс, также английский любитель астрономии, в свой визуальный спектроскоп не увидел ярких эмиссионных линий в спектре ядра туманности, как можно было бы ожидать по примеру многих других диффузных объектов в Млечном Пути. В последний год прошлого столетия Шайнер в Потсдаме уже сфотографировал спектр туманности. Эмиссионные линии также не обнаружились, и Шайнер сделал обоснованный вывод о том, что туманность Андромеды (а реально речь шла о ее яркой центральной части) — звездная система.

Решающее значение в проблеме природы и туманности Андромеды и других похожих на нее объектов имело бы определение расстояний. Юлиус Франц в Кенигсберге сделал безуспешную попытку определить тригонометрический параллакс сверхновой 1885 г. В 1907 г. Шведский астроном Карл Волин также пытался по фотографиям измерить параллакс туманности. Согласно его исследованию она находилась от нас на удалении всего лишь в 19 световых лет — результат фантастический в своей ошибочности. Не удалось получить сколько-нибудь надежных данных и другим астрономам.

Прогресс наметился лишь с тех пор, когда в туманности Андромеды стали открывать новые звезды. Просматривая снимки одной из спиральных туманностей маунтвилсоновский астроном Джордж Ричи неожиданно обнаружил появление в ней новой звезды. Теперь мы знаем, что это была не новая в обычном смысле, а сверхновая. Но тогда о разделении таких внезапно вспыхивающих звезд на два различных класса еще не знали. Сразу же было решено изучить снимки и других туманностей. На старых пластинках туманности Андромеды вскоре обнаружились две новые. Заметка Ричи, опубликованная в 1917 г., была первой о новых звездах в этой туманности. В тот же и последующие годы об открытии других новых сообщили Шепли, Ричи, Дункан, Санфорд и Хьюмасон. Открытия следовали одно за другим, и в 1922 г. в туманности Андромеды была отмечена уже двадцать первая новая.

Кертис первым осознал, что яркая звезда 1885 г. серьезно

отличается от остальных новых в туманности Андромеды, значительно более слабых, и ее не следует принимать во внимание при определении расстояния. В 1919 г., используя только обычные новые и сравнивая их с такими же объектами в Галактике, Лундмарк нашел, что расстояние туманности составляет 550 000 световых лет или 170 000 парсеков. Это было уже существенным шагом вперед.

Тем не менее полной уверенности в том, что новые звезды в туманности Андромеды при таких определениях можно сопоставлять с галактическими новыми, еще не было. Нельзя было положиться и на то, что давали другие косвенные методы. Требовалось найти такие объекты, которые могли бы служить бесспорными индикаторами расстояний.

Летом 1923 г. Хаббл энергично приступил к наблюдениям туманности на 60- и 100-дюймовом рефлекторах главным образом для того, чтоб накопить материал для статистического исследования новых. На первой же хорошей пластинке, снятой 4 октября на 100-дюймовом инструменте, он обнаружил сразу две новых и еще одну, слабую переменную звезду. Она-то и была его главным открытием. В сохранившемся в архиве списке негативов с оценками блеска переменной против 4 октября рукой Хаббла написано: «Найдена на этой пластинке 10 октября 1923 г.», а на стекле негатива он зачеркнул букву «N» возле звезды — новая — и крупно пометил «Var!» — переменная. Хаббл обнаружил звезду еще на нескольких десятках негативов, начиная с осени 1909 г., когда на 60-дюймовом телескопе работал Ричи. Уже 23 октября он сумел определить период переменной и построить кривую ее блеска. Пластинки были довольно разрозненными по времени и ему хотелось иметь еще и непрерывный ряд наблюдений. Прошли ненастные ноябрь и декабрь 1923 г., а затем и январь наступившего нового года. Неожиданно в феврале выдалась ясная устойчивая погода. Почти неделю, с 2 по 7 число Хаббл каждую ночь фотографировал туманность Андромеды. Звезда быстро увеличивала свой блеск. Стало несомненным, что это типичная цефеида, захваченная на восходящей ветви кривой блеска.

До Хаббла ни один астроном не пытался открывать цефеиды в туманности Андромеды. Без пользы пролежала у Шепли собранная им коллекция ее снимков. Лишь в сентябре 1924 г., ничего не зная об успехе Хаббла, Лундмарк на заседании Немецкого астрономического общества сказал, что в туманности Андромеды следует искать цефеиды, которые позволят надежно определить ее расстояние.

В астрономии непросто найти объекты, сыгравшие более важную роль, чем цефеиды. Еще в 1908 г. сотрудница

Гарвардской обсерватории мисс Генриетта Ливитт установила, что у переменных звезд в Малом Магеллановом Облаке периоды изменения блеска связаны с их блеском, видимыми звездными величинами. Звезды находились в сущности на одном расстоянии от нас, и исследовательнице стало ясно, что «их периоды, по-видимому, связаны с их реальной излучающей способностью». Своим поведением звезды напоминали переменные, известные в шаровых скоплениях. О том, что это цефеиды, догадался знаменитый датский астроном Эйнар Герцшпрунг. Он же впервые попытался связать периоды цефеид с их истинной светимостью, абсолютными звездными величинами,— Установить зависимость период — светимость.

В руках астрономов оказался мощный метод определения расстояний. В принципе достаточно найти период изменения блеска цефеиды, что сделать не так уж трудно, и по нему приписать звезде на основе зависимости период — светимость абсолютную величину. Сопоставив далее видимую и абсолютную величины, можно оценить и расстояние цефеиды, а если она входит в состав, скажем, туманности Андромеды, то и расстояние самой туманности.

Девятнадцатого февраля Хаббл впервые поделился своим результатом в письме к Шепли — знатоку переменных звезд. Он писал: «Вам будет интересно услышать, что я обнаружил цефеиду в туманности Андромеды (М 31). В этот сезон я наблюдал туманность так часто, как только позволяла погода, а за последние пять месяцев выловил 9 новых и 2 переменные... Две переменные были найдены в прошлую неделю [вероятно, следовало бы сказать — подтверждены]. Номер один примерно в 16' предшествует ядру и располагается на слабом неравномерном фоне, но как раз в пределах рукавов. По ряду звезд сравнения величины были оценены довольно наспех, но кривая блеска построена по всем имеющимся наблюдениям с 1909 г. до настоящего момента... Я думаю, что амплитуда переменной не может быть ошибочной более чем на $0{,}3^m$, а медианная величина на $0{,}5^m$.

Вложение в письмо — это копия нормальной кривой блеска, которая, сколь бы грубой она ни была, несомненным образом показывает характеристики цефеид... По Вашей зависимости период — светимость период в 31,415 дня соответствует [абсолютной величине] $M = -5^m$. Медианная фотографическая величина, примерно $18{,}5^m$, нуждается в некоторой поправке за показатель цвета, Сирс, как максимум, предлагает $0{,}9^m$, хотя Ваша кривая период — цвет для Магеллановых Облаков указывает на большую величину. С сирсовским значением

медианная величина $17,6^m$, а тогда расстояние становится несколько более 300000 парсеков...» (см. рис. 1, с. 52).

Самое главное заключалось в последней фразе отрывка. Цефеида позволяла надежно установить, что туманность Андромеды, к которой звезда, несомненно, принадлежала, удалена от нас почти на миллион световых лет. Отсюда немедленно следовало, что туманность Андромеды находится далеко за пределами нашей звездной системы, что и она, и Галактика и, вероятно, более слабые малые туманности — равноправные острова Вселенной. Представлениям, которыми жил Шепли, пришел конец. Это он понял сразу.— «Я была в его кабинете,— вспоминала видный гарвардский астроном Сесилия Пейн-Гапошкина,— когда пришло хаббловское письмо и он протянул его мне.— «Вот письмо, которое разрушило мою вселенную»,- сказал он».

Двадцать четвертого февраля Шепли ответил Хабблу: «Баше письмо, рассказывающее об урожае из новых и пары переменных звезд в направлении туманности Дндромеды, наиболее любопытно из того, что я читал за долгое время... Вторая, более слабая переменная (цефеида) — в этом отношении чрезвычайно важный объект».

Хаббл обнаружил в спиральных рукавах и другие слабые переменные, но пока изучить их еще не успел. Обо всем этом подробно рассказывалось в годичном отчете обсерватории, но о самом важном — об оценке расстояния туманности Андромеды — не было сделано даже намека. Видно, Адамс, сменивший Хейла на посту директора, решил быть осторожным и пока подождать результатов изучения других звезд.

Наблюдательный сезон 1923—1924 гг. для Хаббла вообще был очень удачным. Он открыл 10 новых звезд и тем самым пополнил список этих объектов в туманности Андромеды сразу же до номера 32. Среди них некоторые были очень интересными. Так, одна новая оказалась крайне медленной и оставляла свой след на пластинках с октября 1921 г. в течение пяти с половиной лет. Никакой другой подобной ей новой в туманности мы не знаем до сих пор. А три были найдены на таких больших расстояниях от центра, где новых еще не встречалось.

Хаббл обладал счастливой способностью одновременно и интенсивно заниматься несколькими темами. В эти годы, не оставляя туманность Андромеды, он исследовал еще две звездные системы — NGG 6822 и туманность Треугольника М 33.

Первую в 1884 г. обнаружил американец Барнард, наблюдая на своем 5-дюймовом рефракторе. Это был слабый, с трудом различимый объект. Правда, на следующий год, при наблюдении

с другим инструментом, объект показался Барнарду уже ярче, и он даже счел его переменной туманностью. По фотографиям, снятым в Гейдельберге в 1906—1907 гг., немецкий астроном Макс Вольф описывал объект как группу маленьких туманностей. Лишь в 1922 г. его природа стала яснее. Перрайн в Кордове сфотографировал этот достаточно южный объект на 30-дюймовом рефлекторе. Он очень напоминал Магеллановы Облака в миниатюре и состоял из звезд и нескольких диффузных туманностей. Такой же вид он имел и на негативах 100-дюймового телескопа, полученных Дунканом в июле 1921 г. Необычность объекта подметили и по снимкам 10-дюймовой камеры, и он был включен в программу для подробного исследования на крупных инструментах.

С июня до ноября в 1923 и 1924 гг. Хаббл получил около 40 негативов NGC 6822 и обнаружил там переменные звезды, среди которых, как и в туманности Андромеды, встречались цефеиды.

Несколько позже Хаббл обратил свое внимание еще на один интересный и крупный объект — туманность Треугольника М 33.

История ее исследований началась довольно давно. Двадцать пятого августа 1764 г. знаменитый ловец комет парижский астроном Шарль Мессье открывает новую туманность, которую заносит потом в свой каталог под номером 33. Туманность привлекала многих. С помощью своих огромных для того времени телескопов Вильям Гершель наблюдает ее неоднократно. Ему порой даже кажется, что туманность распадается на отдельные звезды. В середине прошлого века на телескопе с зеркалом в 6 футов (2 метра) — «Парсонстаунском левиафане» — лорд Росс визуально обнаруживает спиральную структуру в виде пяти отдельных рукавов. Неоднократно астрономы измеряют положение туманности и ее деталей относительно звезд, надеясь в будущем определить собственное движение,— ведь тогда ясных представлений о расстоянии подобных объектов еще не было.

Первые фотографии туманности были получены Исааком Робертсом в девяностых годах прошлого столетия. Снимок, воспроизведенный в его знаменитом «Атласе», ничем не отличается от современных. Вся туманность оказалась усыпанной слабыми и несколько размытыми звездами.

В дальнейшем центр исследования туманности Треугольника, как и туманности Андромеды, перемещается из Европы в Америку, где входят в строй крупные телескопы. В 1899 г. ее фотографирует Килер на Кросслеевском 36-дюймовом рефлекторе Ликской обсерватории, а десять лет спустя, на еще большем — 60-дюймовом инструменте на Маунт Вилсон прекрасные фотографии получает Ричи. На его снимках отлично

видны звезды. Однако настоящими звездами он их не признает. «Все спирали, включая и М 33, содержат большое число нежных звездообразных конденсаций, которые я буду называть туманными звездами» — писал Ричи, насчитавший их в М 33 около двух с половиной тысяч. Явно под влиянием космогонических представлений того времени он продолжил: «Вероятно, это звезды в процессе их формирования».

Начиная с 1919 г. туманность Треугольника регулярно фотографируют на 100-дюймовом рефлекторе Дункан, Пиз и другие астрономы. В 1921 г., по-видимому, первым Лундмарк заговорил о том, что туманные звезды Ричи это самые обычные звезды. Более того, если ярчайшие из них имеют такую же абсолютную величину, как и их аналоги в Галактике, расстояние туманности Треугольника должно быть очень велико — до 300 000 парсеков.

В 1922 г. Дункан обнаружил, что три звезды в туманности изменяют свой блеск. Переменность одной из них независимо открыл Макс Вольф.

В августе 1924 г. Хаббл включил туманность в программу регулярных наблюдений и в тот же сезон получил около двух сотен негативов туманностей Андромеды, Треугольника и NGC 6822. В туманности Треугольника, как и двух других исследуемых им системах, Хаббл также обнаружил цефеиды.

Не только радость труда и успеха, но и чувство большого личного счастья захватило Хаббла в эти месяцы. В конце февраля 1924 г. он женился на Грейс Бэрк. По-видимому, Грейс и Эдвин впервые встретились в экспедиции по наблюдению солнечного затмения 10 сентября 1923 г., куда она приехала вместе со своим дядей, ликским астрономом Фредом Райтом. «Я думаю,—говорит Сендидж,— это было в Сан-Диего. Обсерватория Маунт Вилсон также проводила серию экспериментов, и они познакомились, как я полагаю, во время подготовки, когда люди с Маунт Вилсон и из Ликской обсерватории были вместе».

Молодая, красивая, живая кареглазая девушка, казавшаяся особенно хрупкой рядом со своим рослым будущим супругом, вероятно, понравилась Эдвину сразу же. Ему шел уже тридцать пятый год и жизнь складывалась так, что ярких увлечений у него, по-видимому, почти не было. «Единственный его серьезный интерес,— Рассказала сестра миссис Элен Лейн,— был к очень милой девушке, которую он встретил в Спрингфилде, Миссури, куда часто приезжал... Он и Элизабет по-настоящему любили друг друга..., но через некоторое время она поняла, что никогда не сможет заменить ему Марс, туманности и т. п. Я определенно думаю, что это было ударом для него, а других серьезных

увлечений когда-либо до женитьбы мы не знаем».

Миссис Хаббл вспоминала, что впервые об Эдвине она услышала от дядюшки. Тот был заметно старше Эдвина и, вероятно, на правах человека с большим жизненными опытом как-то сказал о нем: «Он упорный работник и хочет познать Вселенную. Это показывает, насколько он еще молод». Этот рассказ известен только в передаче миссис Хаббл, и трудно сказать, какой точно смысл вкладывал Райт в слова о познании Вселенной. Но если говорить об общей картине мира — природе галактик, их распределении в пространстве и удивительных движениях, то все это стало известным именно благодаря Хабблу. И первые шаги вперед были сделаны им в самом начале своей счастливой семейной жизни.

Весть об открытиях Хаббла постепенно распространилась среди астрономов Америки. А широкая публика смогла впервые прочесть о них в небольшой, всего лишь в 30 строк, заметке" в газете «Нью-Йорк Тайме» от 23 ноября 1924 г. Обычно газета — плохой источник научной информации — газетные сообщения и сейчас грешат неточностями, а порой и просто фантастичны. Но на этот раз читателям повезло. Безвестный репортер исказил лишь фамилию Хаббла, а смысл сделанного им передал точно.

Заметка никогда с тех пор не перепечатывалась ни на английском языке, ни в переводах, и ее через несколько десятилетий стоит повторить, как первое сообщение о замечательном результате. Она называлась:

«Он открыл, что спиральные туманности — звездные системы. Доктор Хаббл подтверждает представление о том, что это «острова Вселенной», подобные нашей собственной». Далее говорилось: «Вашингтон, 22 ноября. Доктором Эдвином Хабблом из обсерватории Маунт Вилсон Института Карнеги с помощью мощных телескопов подтверждено представление о том, что спиральные туманности, видимые на небе как вихреобразные пятна, на самом деле далекие звездные системы.

Как сообщили, в Институт должностные лица обсерватории, количество спиральных туманностей очень велико и исчисляется сотнями тысяч. По своим видимым размерам они весьма разнообразны — от маленьких, почти звездных, до огромной туманности в Андромеде с поперечником около 3°, примерно вшестеро превышающим диаметр полной Луны.

В сообщении говорится: «Исследования доктора Хаббла были выполнены фотографически с помощью 60- и 100-дюймового рефлекторов обсерватории Маунт Вилсон. Чрезвычайная слабость исследуемых звезд делает необходимым использование огромных телескопов. Разрешающая сила этих инструментов позволяет

разложить внешние части туманностей на множество звезд, которые можно изучать индивидуально и сравнивать с таковыми в нашей собственной системе.

При исследовании фотографий двух больших спиралей — Андромеды и туманности № 33 каталога Мессье — обнаружено 36 переменных звезд типа, известного под названием цефеид... Определение их периодов и использование связи между длиной периода и истинной светимостью сразу же дает средство для определения расстояния этих объектов.

Результаты убедительно подтверждают представление о том, что эти спиральные туманности являются далекими звездными системами. Найдено, что они примерно в десять раз дальше, чем Малое Магелланово Облако, т. е. находятся на расстоянии порядка 1 000 000 световых лет. Это означает, что свету от этих туманностей, распространяющемуся со скоростью 186 000 миль в секунду, потребовался миллион лет, чтоб дойти до нас. И мы наблюдаем туманности в свете, который покинул их в эпоху плиоцена на Земле. Зная расстояния этих туманностей, мы находим для их диаметров значения — 45 000 световых лет в случае Андромеды и 14 000 в случае Мессье 33. Эти размеры, а также массы и плотности вполне сравнимы с соответствующими величинами для нашей собственной звездной системы».

В Америке празднуют рождество, Новый же год обычно отмечают скромно и очередной съезд Американского астрономического общества наметили на 30 декабря 1924 г. в Вашингтоне. Город встретил участников съезда совсем не по-зимнему. Было тепло, люди ходили в костюмах или легких пальто. Зима дала о себе знать лишь в день разъезда гостей, когда свирепая метель почти парализовала весь транспорт.

Съезд отличался от прошлых лишь тем, что на этот Раз он проводился совместно с Американской ассоциацией развития науки. Собрались астрономы, физики и математики. Среди астрономов было немало тех, кто уже стал или станет впоследствии известными и знаменитыми — Кертис, Шепли, Слайфер и другие. Приехал руководитель Хаббла по Чикагскому университету профессор Фрост.

Было зачитано около сорока докладов, но когда просматриваешь их перечень сейчас, видишь, что они касались в общем частностей. Многие участники съезда были озабочены предстоящим 24 января полным солнечным затмением и капитан Поллок, руководитель Морской обсерватории в Вашингтоне, единственной тогда государственной обсерватории в стране, порадовал собравшихся, объявив, что до и после полной фазы будут специально переданы сигналы точного времени.

Предполагался доклад выдающегося английского астронома Эддингтона о звездной эволюции. Еще летом он приехал в Канаду и Соединенные Штаты, выступал с лекциями, побывал на Маунт Вилсон, встречался с сотрудниками обсерватории и в их числе с Хабблом. Но в начале ноября телеграф принес весть о смерти матери, и Эддингтон прервал свой визит на американский континент. Вместо него кратко выступил Генри Норрис Рессел. Рессел к началу опоздал и в первый же вечер, когда они вместе со Стеббинсом обедали в отеле, где остановились участники съезда, озабоченно спросил, пришел ли от Хаббла доклад.

Директор обсерватории Принстонского университета Рессел ежегодно подолгу жил и работал на Маунт Вилсон. Он отличался исключительной широтой кругозора и сразу же осознал выдающееся значение сделанного Хабблом. Недаром еще в конце октября в письме к Франку Шлезингеру Рессел называл Хаббла кандидатом в члены Национальной академии наук США, как только тот опубликует результаты ведущихся им исследований. И действительно, избрание состоялось летом 1927 г. после выхода его работ о галактиках NGC 6822, M 33 и M 31. Рессел поддерживал тесные связи с различными журналами и в списке основных успехов в астрономии для редактора «Сайенс сервис» указал на открытие Хаббла, как «несомненно, одно из самых замечательный научных достижений за год». Он понимал, что исследование Хаббла, доложенное на съезде, несомненно, заслужило бы премии Ассоциации развития науки, учрежденной неким ее членом — меценатом, пожелавшим остаться неизвестным.

Однако доклада Хаббла не было. «Ну и осел,— заметил Рессел,— иметь тысячу долларов и отказываться от возможности их получить!». Обсудив ситуацию, Рессел и Стеббинс решили послать на Маунт Вилсон телеграмму и убедить Хаббла немедленно сообщить основные результаты, чтобы здесь в Вашингтоне вместо него самим написать нечто вроде доклада. Телеграмма была составлена. Рессел и Стеббинс подошли к гостиничной стойке, чтоб вписать текст в бланк. И уже направляясь на телеграф, Рессел вдруг увидел адресованный ему большой пакет, а Стеббинсу тут же бросилось в глаза имя Хаббла в верхнем левом углу. Это и был долгожданный доклад.

1 января 1925 г. на утреннем объединенном заседании астрономов, физиков и математиков в университете Джорджа Вашингтона Рессел зачитал доклад Хаббла под названием «Цефеиды в спиральных туманностях».

В докладе говорилось, что единственным указанием на существование звезд в туманности Андромеды пока служили

лишь новые, а в туманности Треугольника — три переменные звезды, открытые Дунканом. Однако на хороших снимках с большими телескопами внешние части обоих объектов явно разлагались на множество звездных изображений. Блинкование пластинок, а их накопилось уже около двух сотен, привело к выявлению немалого числа переменных. После газетной публикации Хаббл продолжал упорно работать, и к концу 1924 г. в М 31 были найдены уже 36 переменных, а также 46 новых, включая и те 22, которые до него обнаружили другие наблюдатели на Маунт Вилсон. В М 33 вместе с объектами Дункана насчитывалось 47 переменных. Хаббл открыл также первую новую, одну из немногих вообще вспыхнувших в этой галактике. Для 22 звезд М 33, оказавшихся цефеидами, были построены кривые блеска. Двенадцать цефеид удалось исследовать и в М 31. Многие. еще неисследованные переменные, вероятно, также принадлежали к этому типу.

В обеих системах цефеиды удовлетворяли зависимостям «видимая звездная величина — логарифм периода». Ее сопоставление с зависимостью «абсолютная величина—логарифм периода», установленной Шепли в 1918 г., позволило оценить, что расстояние М 31 и М 33 одинаково и равно 285 000 парсеков.

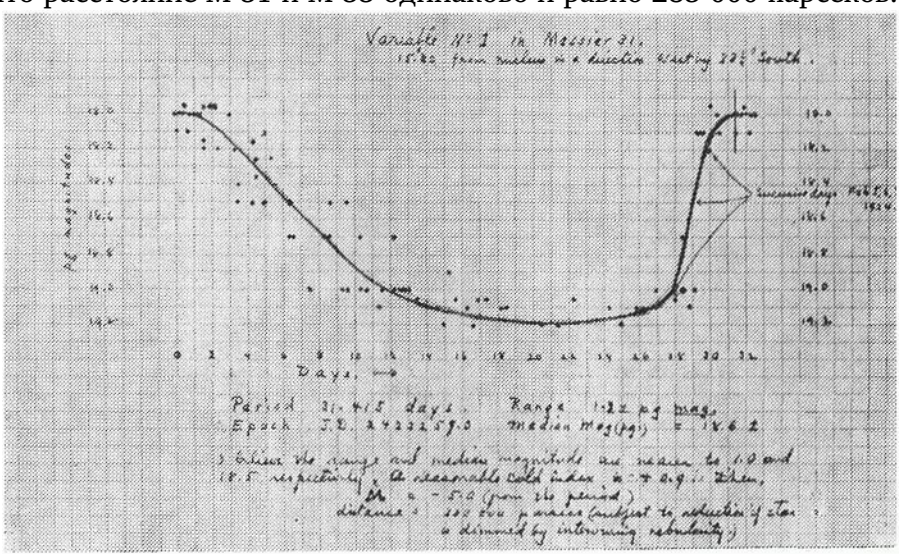


Рис. 1. Кривая блеска первой цефеиды, открытой Хабблом в туманности Андромеды. Рисунок из письма Хаббла Шелли

Хаббл четко сформулировал три своих основных предположения: первое — цефеиды действительно связаны со спиралями, второе — в спиралях нет серьезного поглощения света, которое могло бы ослабить их блеск и, наконец, третье и

самое главное — природа переменности цефеид повсюду во Вселенной одинакова. Этот последний принцип, распространенный и на другие одинаковые по своим характеристикам объекты, и есть основа определения расстояний в мире галактик.

Исследованные близкие спирали не были исключением. Переменные обнаружились также в М 81, М 101 и NGG 2403, но накопленных пластинок для их изучения пока не хватало.

После доклада всем стало ясно, что это и было главным событием съезда.

Совет общества- выбрал работу Хаббла, как, несомненно, достойную награды, и поручил Рессслу и Стеббинсу досмотреть, чтобы она была должным образом представлена в комитете по премиям. Рессел подготовил и все необходимые бумаги. В тот же день Стеббинс, как секретарь общества, направил в комитет восторженное письмо. Характеризуя сообщение Хаббла на съезде, Стеббинс заканчивал письмо такими словами: «Этот доклад — плод трудов молодого человека выдающихся и признанных способностей на поприще, которое он сам себе избрал. Доклад раскрыл глубины пространства, ранее недоступные исследованию, и породил надежду на еще большие успехи в ближайшем будущем. Уже сейчас он во сто крат расширил объем материального мира и с определенностью решил долгий спор о природе спиралей, доказав, что это гигантские совокупности звезд, почти сравнимые по размерам с нашей собственной Галактикой».

Уже в апреле доклад Хаббла появился в американском журнале «Популяр астрономи», вскоре он был перепечатан английским журналом «Обсерватори» и стал известен всему мировому сообществу астрономов. (Курьезно, что в «Публикациях» самого астрономического общества он вышел лишь в 1927 г., когда издавались материалы нескольких съездов вместе).

Рессел, неизменный обозреватель популярного журнала «Сайентифик Американ», рассказал об открытии Хаббла в мартовском выпуске, именуя его автора, видно, для пущей солидности, не просто доктором,, а майором. Любители астрономии в нашей стране смогли узнать новость в обзоре, составленном В. А. Мальцевым для августовского номера журнала «Мироведение». Правда, Хабблу у нас не повезло — его имя еще долго писали по-разному, и все неверно.

13 февраля журнал «Сайенс» опубликовал краткое сообщение о том, что комитет решил присудить премию в равных долях двум ученым — Хабблу и доктору Кливленду, специалисту по

термитам, а через месяц появился и более подробный рассказ о трудах лауреатов. О премии Хабблу было сообщено и в «Публикациях Тихоокеанского астрономического общества». Стеббинс тут же сердечно поздравил Хаббла, посетовав, что премия не досталась ему целиком. Премия означала общественное признание научной репутации Хаббла и его имя впервые появляется в справочнике «Кто есть кто в Америке» за 1924—1925 гг.

Тогда 500 долларов были немалой суммой. Обычно же Ассоциация развития науки выделяла на премии ученым по 100—300 долларов. Если бы чета Хабблов из субтропической Калифорнии задумала перебраться куда-нибудь в более холодные края, супруг смог бы подарить молодой жене, скажем, леопардовую шубу, которая рекламировалась на той же странице газеты, где впервые сообщалось о его открытии. Остались бы деньги на табак и для его любимой трубки.

По-видимому Хаббл не очень надеялся на награду. Явно обрадованный, он 19 февраля писал Рёсселу: «Дорогой мистер Рессел, награда явилась для меня приятным сюрпризом. Я полагал, что могут рассматриваться только законченные работы. Мы [писал он и от имени жены] понимаем, что это дело — примерно на 99% Рессела и на 1 % — Хаббла. Невозможно выразить в должной мере мою благодарность, остается лишь заверить, что я крайне признателен за Ваше предложение (весьма настойчивое) послать доклад, а также за Ваши безмерно добрые услуги в подталкивании его обсуждения на разных комитетах.

Подлинная же причина моего нежелания срочно публиковаться, как Вы можете догадаться, состоит в явном противоречии с ванмааненовским вращением туманностей. Вопрос примирения двух результатов имеет определенную привлекательность, но все же я полагаю, что найденные вращения должны быть отвергнуты. Первый же анализ измерений и выводов определенно указывает на ошибки за счет уравнения блеска как на возможное объяснение. По-видимому, вращение представляется вынужденной интерпретацией, особенно в случаях, где измеренные полные смещения велики — в М 81, М 33 и М 51, единственный же реально строгий аргумент в их пользу — это довольно шаткое согласие в направлении движения с направлением рукавов. Я очень хочу представить Вам доказательства, как только их получу.

Тем временем из наблюдений накапливается масса разнообразных данных — звездные подсчеты и снимки М 33 в [желтом] цвете, новые в М 31 (6 — на одной пластинке), переменные в других спиралях, доказательства разложения [на

звезды] неправильных внегалактических туманностей и т. п.

Подлинно крупный прогресс, как я себе представляю,— это возможность приложения к спиралям обычных методов звездных исследований.

Искренне ваш Эдвин Хаббл.

Миссис Хаблл сама намеревается поблагодарить Вас за Ваши великодушные усилия в нашу пользу».

Для истории науки не так уж существенны слова благодарности, важнее мотивы почти годичной задержки сообщения об открытии.

В 1912 г. на обсерватории Маунт Вилсон появился голландец Адриан ван Маанен. Сначала он работал в группе исследователей Солнца, а два года спустя начал самостоятельные измерения точных положений и параллаксов звезд. Затем он заинтересовался спиральными туманностями и в 1921 г. опубликовал сначала предварительное, а в 1923 г. и полное исследование вращения М 33. Пластинки, служившие ему для этой цели, были разделены промежутком времени в 12 лет. Измерив положения множества деталей в рукавах туманности относительно окружающих звезд на каждой из пластинок, он нашел собственное движение объекта в целом, а исключив его, представил остаточные в виде двух компонент — радиального и вращательного. Второй компонент оказался весьма заметным. Это означало, что туманность вращается и ее оборот по оценке ван Маанена на разных расстояниях от центра совершается за 60 000-240 000 лет.

Результаты ван Маанена многим показались очень убедительными, тем более, что подобные же вращения он находил и в других спиральных туманностях. Они как бы наглядно иллюстрировали картину движения в протопланетном облаке теории Джинса. Сам ван Маанен в ту пору не сомневался в правильности своих выводов.

Однако открытие цефеид в туманностях Треугольника и Андромеды заставляло насторожиться.

Если Хаббл в оценках расстояний прав, то вращательные собственные движения, будучи переведенными в линейную меру, становились больше скорости света!

В работах по собственным движениям лучший судья — время: чем больше лет проходит между сравниваемыми пластинками, тем точнее будут результаты. В 1935 г. Хаббл сдержал слово, данное Ресселу, представив окончательные доказательства ложности выводов ван Маанена.

По прошествии многих лет все кажется менее драматичным,

чем было в действительности. Некий ученый сделал ошибочную работу, другой высказал критические замечания, с которыми первый согласился, и вот перед беспристрастным объективом истории они оба застыли в крепком рукопожатии, с любезными улыбками. Но так гладко бывает далеко не всегда. Опираясь на большой документальный материал — письма, записки разных лиц, канадский историк науки Хезерингтон подробно рассказал, как на самом деле складывались отношения между Хабблом и ван Мааненом.

Ознакомившись с измерениями своего коллеги по обсерватории Никольсона, повторившего по требованию ван Маанена его работу, Хаббл понял, что «результаты находятся в пределах погрешностей и сами по себе на вращение с определенностью не указывают». Одиннадцатого марта 1925 г. он написал Шепли, что ван Маанен принял критику в штыки, «в своей необузданной манере». В 1968 г. миссис Хаббл в письме к английскому историку астрономии Хоскину вспоминала: «Ван Маанен отказался обсуждать существо дела или пересматривать свою работу. Эдвин на некоторое время решил не обращать внимание на противоречия и свои исследования продолжать. Через многие годы его друг рассказал мне, что он [Хаббл] признался: «Меня просили предоставить ему [ван Маанену] время, я дал ему десять лет». Хаббл верил в свою правоту, но выступить против ван Маанена — это значило сразу же подвергнуть его всеобщему посрамлению, а может быть, поставить под удар и свою репутацию, тем более, что сам Хаббл работал на Маунт Вилсон еще только четыре года, а за плечами ван Маанена был уже втрое больший срок. И Хаббл молчал.

Время шло, а результаты ван Маанена оставались вне серьезной критики и появлялись даже сообщения об открытии вращения и других туманностей. В Королевском астрономическом обществе Великобритании поговаривали, что выводы Хаббла можно-де принять, если бы не было ванмааненовских. Вот тогда Хаббл решил сделать новые измерения по новому материалу и, по-видимому, наконец-то открыто заявил о своем намерении. Руководители обсерватории встревожились: как бы научная полемика не превратилась в недостойную перебранку. Сирс, ведавший маунтвилсоновскими публикациями, в январе 1935 г. написал отсутствовавшему тогда Хейлу: «Для двух человек в одном и том же учреждении [т. е. для Хаббла и ван Маанена] есть возможность личных контактов и прямого обсуждения результатов друг друга я, следовательно, устранения различий во мнениях в частном порядке. Мне представляется, что само учреждение обязано проследить, чтобы

все согласования по возможности были сделаны. Если же согласия достигнуть нельзя, институту, может быть, следует определить, какой из результатов представлять публике. Однако в таком случае должна сохраняться возможность для выражения частного мнения, но любое такое выражение должно касаться только научных аспектов рассматриваемого вопроса. Я думаю, учреждение вправе настаивать на такой процедуре. Но в некоторых случаях, может быть, разумнее отказаться от формального права и сказать неудовлетворенному лицу: „Печатайте, что хотите, но где-нибудь в ином месте"». Одним словом, как писал Хезерингтон, «маунтвилсоновская бюрократия не желала публичного диспута между своими двумя сочленами». Администрацию обсерватории понять было легко — до этого ван Манена она всячески поддерживала.

Хаббл нашел способ, чтобы новое исследование вращения галактики сделать максимально корректным и объективным. В измерениях участвовали он сам и привлеченные им Никольсон и Бааде, а результаты анализировал еще и Сирс. Всего они изучили четыре галактики - М 33, М51, М81 и М 101. Судя по данным ван Маанена, можно было ожидать, что смещения на пластинках, снятых через два десятка лет, достигнут 15— 20 микронов. Но они оказались всего лишь порядка одного микрона, т. е. лежали в пределах измерительных погрешностей. Однако ван Маанен вновь провел измерение М 33 и М 74 по пластинкам с разностью эпох в 9 лет и опять у него получалось, что эффект вращения превышает ошибки. В краткой заметке в «Астрофизикл джорнэл», напечатанной на следующей же странице после хаббловской, ван Маанен попытался представить все это как частичное подтверждение своих прежних выводов. Но и он вынужден был признать, что «рассматривать движения следует с оговорками». В отчете же обсерватории на этот раз говорилось уже совершенно недвусмысленно: «Хотя аномалия ванмааненовских результатов остается необъясненной, новые исследования определенно разрешают одно из сильнейших противоречий в области изучения туманностей».

Еще в 1920 г. сторонник теории островной Вселенной Кертис предупреждал: «Если в ближайшую четверть столетия научными исследованиями надежно будет установлено, что движение или вращение спиральных туманностей в среднем составляет в год 0,01" или больше, от теории островных вселенных безусловно придется отказаться».

Проблема решилась раньше — пришлось отказаться от результатов ван Маанена, теория же островных вселенных стала краеугольным камнем наших представлений об окружающем

мире.

Исследование туманностей Андромеды и Треугольника продолжалось, накопился богатый наблюдательный материал, чтобы подвести итоги.

В 1926 и 1929 гг. Хаббл публикует два фундаментальных исследования. Они назывались почти одинаково — «Спиральная туманность как звездная система» — и отличались лишь тем, что после этих слов следовало: в первом случае — «Мессье 33» (туманность Треугольника), а во втором— «Мессье 31» (туманность Андромеды). Это были крупные работы, по нескольку десятков страниц, где Хаббл изложил все полученные им результаты.

Он убедительно показал, что так называемые «туманные» звезды в М 33 это самые обычные звезды. Среди них удалось найти переменные и к уже известным трем добавить еще сорок две. Тридцать пять переменных оказались типичными цефеидами, блеск которых менялся с периодами от 13 до 70 дней. Хабблу посчастливилось отметить вспышки двух новых звезд. Ярчайшие постоянные звезды относились к голубым или белым и их функция светимости, распределение объектов по блеску, была такой же, как и функция светимости подобных звезд в нашей Галактике, в окрестностях Солнца. В спиральных рукавах обнаружились и светлые диффузные туманности, а связь между их размерами ж блеском возбуждающих их звезд не отличалась от галактической. Значит, и там были высокотемпературные звезды классов О и В. Используя последние данные о зависимости период—светимость для цефеид, Хаббл оценил расстояние туманности Треугольника в 263 000 парсеков, тогда ее диаметр составлял 4600 парсеков.

Такой же, но еще большей звездной системой с диаметром 64 000 парсеков, оказалась и туманность Андромеды, удаленная от нас, согласно Хабблу, на 275 000 парсеков.

Исследование туманности Андромеды опиралось на огромный материал — 350 негативов, снятых на 60- и 100-дюймовых маунтвилсоновских рефлекторах. За пять прошедших лет две трети снимков получил сам Хаббл. Туманность Андромеды в своих внешних частях разложилась на множество звезд. Лишь центральная часть все еще представлялась диффузной и только через два десятилетия, уже не Хабблу, а Бааде довелось окончательно установить ее звездную природу. Среди звездного населения Хаббл нашел такие же объекты, как и в Галактике и в туманности Треугольника. Из пятидесяти обнаруженных переменных сорок относились к цефеидам с периодами от 10 до 48 дней. Только, у одной блеск колебался

почти с полугодовой периодичностью. Теперь в результате поисков Хаббла новых звезд в туманности Андромеды (вместе с замечательной сверхновой 1885 г.) насчитывалось уже 85. Новые звезды группировались к центру туманности Андромеды, и ежегодно их появлялось около 30. В максимуме блеска они становились такими же яркими, как и ярчайшие постоянные звезды. Расстояние туманности Андромеды, определенное по цефеидам, позволило оценить их истинную светимость.

Весной 1928 г. Хаббл отправился в Англию. В последний раз он был там четыре года назад и рассказывал британским коллегам о классификации галактик. Девятого марта Хаббл побывал на заседании Английского королевского астрономического общества, увиделся с Эддингтоном, Смартом, Джинсом и другими. Хаббла встретили тепло. Президент доктор Фил липе сказал: «В этот вечер среди нас находится выдающийся астроном из обсерватории Маунт Вилсон доктор Хаббл. Мы с большим вниманием следим за интересными работами, которые он выполнил относительно далеких туманностей. Я уверен, мы будем рады, если он обратится к нам с речью».

Полная работа Хаббла о туманности Андромеды еще не появилась (он сдал в печать ее в декабре) и всем хотелось узнать подробности. Хаббл решил рассказать только о новых звездах. Быть может, потому, что о новых на этом заседании должен был говорить англичанин Стреттон, а возможно, и потому, что год назад вместе с Дунканом они изучили расширение оболочки самой яркой галактической новой нашего столетия, вспыхнувшей в созвездии Орла в 1918 г. Зная угловое расширение оболочки и ее лучевую скорость, Хаббл и Дункан определили расстояние новой и ее абсолютную величину. Три года спустя, они вернулись к изучению звезды еще раз и опубликовали еще одну статью.

Хаббл рассказывал о множестве новых, уже открытых в туманности Андромеды, о частоте их вспышек, видимом распределении. Интересно, что в среднем новые оказались заметно слабее, чем- звезда в Орле. Но тогда на это различие Хаббл внимания не обратил. «Не думаю,— заметил королевский астроном,— чтобы кто-то из нас получил сотни фотографий, необходимых для достижения подобного результата. Это огромная награда за трудную работу, проделанную доктором Хабблом».

«Я также хотел бы выразить восхищение и добавить мои поздравления»,— откликнулся и Джине.

«Уверен, что все мы высочайшим образом оцениваем замечательную работу, осуществленную доктором Хабблом»,— такими словами заключил выступление Хаббла президент

общества.

Королевское общество приняло Хаббла в свои члены. Это было его первым официальным признанием за рубежом.

В этом же году в серии брошюр Американского астрономического общества Хаббл опубликовал краткий очерк о новых звездах. Не стоило бы и останавливаться на совсем популярной статье, если бы не несколько строк в ней. В статье Хаббл упомянул о расширяющихся туманностях вокруг Новых Орла и Водолея. Третьим подобным объектом он назвал Крабовидную туманность.

«В истории астрономической науки Крабовидная туманность сыграла совершенно исключительную роль,— писал через полстолетия наш выдающийся астрофизик И. С. Шкловский.— Недаром среди астрономов бытует шутка, что современную астрофизику можно разделить на две части: физику Крабовидной туманности и... все остальное. Эта туманность, например, была первым отождествленным космическим радиоисточником (не считав Солнца, конечно). Она же была первым отождествленным космическим рентгеновским источником. Внутри нее находится самый короткопериодический и во всех отношениях замечательный пульсар. Наконец, ее оптическое свечение в непрерывном спектре имеет совершенно особую, до того времени нигде в Космосе не встречающуюся природу».

Уже в начале двадцатых годов обратили внимание на то, что туманность близка на небе к яркой «звезде-гостье» 1054 г. в созвездии Тельца, описанной в китайских и японских хрониках. Удалось установить, что туманность расширяется, и надежно измерить скорость этого расширения. В одной из своих статей Дункан на фотографии туманности даже изобразил стрелками угловые перемещения деталей и показал, какой она станет через 500 лет. Но почему-то до Хаббла решительно никто не подумал углубиться в прошлое и выяснить, когда же разлет туманности начался. Зная скорость расширения, Хаббл без труда подсчитал, что туманность возникла примерно 900 лет назад, т. е. в эпоху, когда вспыхнула «звезда-гостья», которую ныне мы знаем как сверхновую. Теперь Крабовидная туманность и Сверхновая оказались связанными друг с другом не только положением на небе, но и хронологически.

Вывод Хаббла был столь очевиден, что, вероятно, поэтому он не придал ему особенного значения. Нигде больше о своем результате он не вспоминал, а до глубоких следствий -из сделанного отождествления было еще очень далеко.

В июле Хаббл вместе со спектроскопистами Артуром Кингом и Чарльзом Сент-Джоном представляли обсерваторию Маунт

Вилсон на III съезде Международного астрономического союза в Лейдене. На этот раз президент комиссии 28 по туманностям Слайфер не приехал и ее работой руководил Хаббл. Комиссия подчеркнула фундаментальное различие между галактическими (диффузными и планетарными) и внегалактическими туманностями. Теперь, после работ Хаббла, в этом ни у кого сомнений не оставалось. Но детальная классификация внегалактических туманностей и на этот раз принята не была, хотя уже всем стало ясно, что среди них есть и спиральные, и эллиптические объекты.

Как самый авторитетный исследователь туманностей Хаббл был избран президентом комиссии.

Кончился съезд и вместе со своими коллегами Хаббл отправился в поездку по научным ж техническим центрам Голландии, Германии и Англии. Надо было заботиться о строительстве нового 200-дюймового рефлектора и его оснащении.

Зимой 1932 г. Хаббл закончил последнюю работу, посвященную туманности Андромеды. Ею он как бы прощался с ближайшими космическими соседями, устремляясь к более далеким звездным системам. Правда, через 5—6 лет вместе с Бааде и Хьюмасоном Хаббл обнаружил в галактиках Местной группы 60 новых цефеид, но результаты так и не опубликовал.

Просматривая лучшие снимки туманности Андромеды, Хаббл заменил многочисленные диффузные объекты. Круглые, достаточно концентрированные, но все же непохожие на звезды, они находились и на фоне туманности, и далеко за ее пределами. Самые яркие выглядели незвездными непосредственно в окуляре телескопа даже лучше, чем на фотографиях. Несколько объектов в фокусе инструмента внимательно рассмотрел и Хьюмасон. У одного удалось измерить и лучевую скорость. Она оказалась отрицательной и была близка к скорости самой туманности. Все говорили о том, что обнаруженные объекты — это шаровые скопления в составе туманности Андромеды. Но, по-видимому, какие-то сомнения у Хаббла оставались, и новые объекты он именовал «предварительно идентифицированными шаровыми скоплениями». История науки показала, что такая осторожность была излишней. Но тогда, в начале 30-х гг., и де Ситтеру, и Шепли, внимательно изучившим труд Хаббла, казалось, что новые объекты могут быть не шаровыми, а рассеянными скоплениями. Шепли, все еще верившего в результаты ван Маанена, очень смущало то, что, признав скопления шаровыми, мы с неизбежностью должны были удалить спиральные галактики на расстояния в миллионы световых лет.

Хаббл тщательно изучает 140 найденных, им скоплений — измеряет звездные величины, размеры, характеризует степень их компактности. Практически во всем они походили на скопления нашей Галактики. Хаббл лишь отметил, что в среднем они были заметно слабее галактических. Тогда он еще не мог предполагать, что расстояние туманности Андромеды, казалось бы вполне надежное, через четверть столетия придется серьезно увеличить.

Как и в нашей Галактике, шаровые скопления группировались к центру звездной системы. Но некоторые из них обнаруживались и очень далеко, до двух с половиной градусов от центра туманности Андромеды. А это означало, что по скоплениям она простиралась не менее чем на 30 кпк. Нашлись шаровые скопления и в северном спутнике туманности — NGG 205.

Полтора десятка подобных объектов Хаббл обнаружил в туманности Треугольника, удаленной от нас примерно на такое же расстояние, как и туманность Андромеды. Уже тогда он отметил их две интересных особенности: по сравнению со скоплениями в туманности Андромеды они были примерно на полторы звездных величины слабее и самые яркие имели голубой цвет. Сейчас стало ясно, что в галактиках шаровые скопления возникали в разное время; либо почти все в эпоху формирования самих галактик — более красные объекты, либо продолжали возникать немногие миллионы лет назад — голубые.

Прошло более пятидесяти лет. Еще при жизни Хаббла число известных скоплений в туманности Андромеды Бааде удвоил. Много новых объектов прибавилось в ней и в туманности Треугольника в последние годы, когда их поиски стали вестись с телескопами системы Ричи— Кретьена, дающими четкие изображения на большом поле. И каждый последующий автор неизменно отдает должное тому, кто первым начал изучение шаровых скоплений в галактиках Местной группы.

Красное смещение. Предшественники

Открытия, большие и малые, всегда имеют свою предысторию. И это не случайно. «...Наука последовательна, систематична по существу, обладает „внутренней логикой", каждый последующий шаг в науке опирается на предыдущий» (С. И. Вавилов). Так было и с законом красною смещения — главным открытием Хаббла, доказывающим расширение Вселенной.

В 1893—1894 гг. в тогда еще маленьком городке Флагстаффе в Аризонской пустыне богатый американец Персиваль Ловелл построил частную обсерваторию. История знает несколько примеров, когда детские и юношеские интеллектуальные увлечения ярко разгорались в душе вполне сложившегося человека, заставляя его отбросить все прожитое и целиком отдаться науке. Вспомним хотя бы Генриха Шлимана, упорно искавшего легендарную Трою,— сначала торговца, банкира и даже купца первой гильдии в Петербурге, а уже потом археолога. Нечто подобное произошло и в жизни Ловелла, в детстве любителя астрономии. В судьбах этих двух людей есть даже немало общего: оба преуспевающие бизнесмены, оба побывали во многих странах, нажили изрядный капитал и затем отдали его на любимое дело. Оба решили изменить привычную жизнь, и сделали это в возрасте, когда менять ее, говоря по-житейски, уже было поздно.

Под влиянием удивительных открытий Скиапарелли Ловелл стал убежденным сторонником идеи существования разумной жизни на Марсе. Для ее подтверждения и была создана новая обсерватория. В 1897 г. в деревянной цилиндрической башне установили достаточно крупный по тем временам 24-дюймовый рефрактор. Поблескивающий латунными деталями, сейчас инструмент выглядит старомодным и даже неуклюжим, а тогда он казался верхом совершенства.

В 1901 г. на обсерваторию пришел работать Весто Мелвин Слайфер, только что получивший степень бакалавра в университете штата Индиана. Ловелл и Слайфер во многом были непохожими. Один — яркий, темпераментный, мастер блестящего слова. Другой — сосредоточенный, тщательный в работе, замкнутый, не особый любитель публичных выступлений.

Не будучи астрономом по образованию, Ловелл, тем не менее, хорошо представлял себе значение недавно зародившейся астроспектроскопии и для своей обсерватории заказал превосходный спектрограф.

Особенно большие надежды связывались тогда с возможностью определять лучевые скорости. Энтузиаст этого дела и также любитель астрономии англичанин сэр Уильям Хеггинс в преддверии XX века писал: «В недалеком будущем этот метод работы без сомнения займет важное место в астрономии и, по-видимому, именно благодаря ему в грядущем столетии будут сделаны многие важные открытия».

Весной 1902 г. со спектрографом начал работать Слайфер. Ловелла интересовал не только Марс, но также и проблема происхождения Солнечной системы, и несколько лет спустя он предложил Слайферу сделать попытку установить вращение туманности Андромеды, в которой в ту пору видели как бы прообраз планетной семьи в процессе формирования согласно схеме Мультона — Чемберлина.

К этому некоторые основания были. В 1888 г. в библиотеке Королевского астрономического общества в Лондоне была выставлена для обозрения фотография туманности Андромеды, снятая Исааком Робертсом. На фотографии обнаружились такие детали, о которых не подозревал ни один человек, наблюдавший до тех пор туманность визуально в телескоп. В некотором роде она напоминала Сатурн — в ее центре находилось яркое сгущение без четких очертаний, вокруг которого при достаточном воображении виделись более или менее симметричные диффузные кольца. Роберте первым высказал предположение о том, что туманность Андромеды — пример зарождающейся солнечной системы.

Слайфер решил задачу, поставленную Ловеллом: вращение туманности Андромеды было установлено. Но на этом пути он сделал более важное открытие и в его замечательном научном наследии первая небольшая заметка о спектре туманности занимает особое место. Семнадцатого сентября 1912 г. с экспозицией почти в семь часов Слайфер получил спектр туманности Андромеды и впервые измерил ее лучевую скорость.

Результат оказался столь неожиданным, что Слайфер до конца года снял еще несколько спектрограмм и только после подтверждения решился его опубликовать. Лучевая скорость составляла — 300 км/с. Туманность Андромеды приближалась к нам со скоростью, еще невиданной ни у одного небесного объекта. Неизвестно, какие предчувствия охватывали Слайфера, когда он заканчивал свою заметку, но ее последние слова оказались пророческими. Он писал: «Расширение работы на другие объекты может дать результаты фундаментальной важности».

Когда Слайфер рассказал Ловеллу о своем успехе, тот

воскликнул: «Похоже, что Вы сделали великое открытие. Проверьте для подтверждения еще несколько туманностей». Профессор Джон Миллер своему бывшему университетскому воспитаннику написал: «Думается мне, что Вы нашли золотую жилу и, старательно работая, сможете сделать вклад такого же значения, как вклад Кеплера, но только совсем в ином роде». Вскоре Слайфер получил спектр туманности NGC 4594 в Деве. Ее скорость оказалась равной 1000 км/с.

На Ловелловской обсерватории началась упорная работа. "Уже на фотографирование спектра туманности Андромеды целиком уходила длинная осенняя ночь. Остальные туманности были намного слабее, и для них требовались экспозиции в десятки часов. Наблюдения одного объекта растягивались на многие ночи, а порой и на весь безлунный период. К концу 1914 г. у Слайфера уже были спектры около 40 туманностей и звездных скоплений и для 15 туманностей он попытался измерить лучевые скорости. О своих результатах он рассказал на съезде Американского астрономического общества, где впервые присутствовал Хаббл, а в январском номере журнала «Популяр астрономи» за 1915 г. опубликовал краткую статью.

Все туманности имели огромные скорости — от двух-трех сотен до 1100 км/с. Но что самое интересное, почти все скорости были положительными. Сначала исследователь думал, что знаки скоростей объектов к северу и югу от Млечного Пути различны. Это могло означать, что туманности как единый рой летят сквозь Млечный Путь. Но дальнейшие наблюдения показали, что отрицательную скорость имела лишь туманность Андромеды и ее ближайшие соседи на небе. Средняя скорость туманностей составила 400 км/с, что раз в 25 превышало скорость звезд.

Когда появляется каталог скоростей каких-то объектов, возникают две естественные задачи: определить прежде всего движение Солнца относительно их. совокупности и попытаться связать скорости с какими-то характеристиками объектов. Осторожный в работе Слайфер понимал, что лучевых скоростей еще маловато, и первую задачу решать не стал. Да и в дальнейшем, когда материал уже значительно возрос, он продолжал считать результаты изучения движения Солнца лишь предварительными.

Сопоставляя же видимое сжатие туманностей с лучевой скоростью Слайфер заметил, что сплюснутые туманности движутся быстрее. Создавалось впечатление, что они несутся в пространстве вперед не плашмя, а ребром Тут обычная осмотрительность Слайферу изменила. На самом деле эффект оказался всего лишь игрой случая при малом числе объектов.

Не прошло и года, как в тот же журнал поступила небольшая заметка, написанная сотрудником университета штата Айова Труменом. Автор не был сколько-нибудь заметной фигурой в астрономии — научных статей у него мало и особого интереса они не представляют. Но этой работой он оставил свое имя в истории науки как первый в ряду предшественников Хаббла в деле изучения движения туманностей.

Если Солнце летит среди некоторой группы объектов и компоненты его скорости по трем осям координат, направленным в точку весеннего равноденствия, в точку на 90° от нее в плоскости небесного экватора и в полюс, X, Y и Z, то наблюдаемая лучевая скорость равна

$$X \cos\alpha \cdot \cos\delta + \sin\alpha \cdot \cos\delta + Z \sin\delta = Vr,$$

где α и δ — небесные координаты: прямые восхождения и склонения объектов. Имея ряд объектов, можно решить систему таких уравнений, найти X, Y и Z и определить полную скорость Солнца, а также направление его движения. Так Трумен и поступил. Нового в методе ничего не было. Астрономы уже давно применяли его к звездам. Новыми были впервые анализируемые туманности.

На самом деле кинематическое уравнение не точно и отражает лишь движение Солнца относительно всей группы объектов, тогда как каждый из них движется еще и относительно другого. Поэтому искомые величины получаются с ошибками тем значительнее, чем меньше число объектов, больше их собственная подвижность и хуже точность лучевых скоростей. Неуверенность в решении Трумена была немалой, но общий результат представлялся все же реальным. Солнце двигалось к точке между созвездиями Стрельца и Козерога — своему апексу — со скоростью 670 км/с или, что равносильно, совокупность туманностей с той же скоростью летела в противоположном направлении.

Ничего не зная о работе Трумена, два канадских астрофизика из обсерватории Виктории, специалисты по спектрально-двойным звездам Юнг и Харпер, также взялись за решение кинематической задачи. И метод, и материал оставались одинаковыми, а небольшие отличия были лишь техническими. Уже собираясь посылать заметку в журнал, они получили работу Трумена и убедились, что их результаты практически совпадают с результатами американца. Скорость в 598 км/с, найденную ими, они назвали скоростью Вселенной.

В середине 1916 г. в «Публикациях Тихоокеанского астрономического общества» появилась еще одна работа на ту же тему. Ее автор, ассистент Ликской обсерватории Паддок подошел

к проблеме несколько по-иному. Пусть направление движения Солнца уже известно (он брал его по Юнгу и Харперу или задавался некоторыми другими значениями), тогда выражение для лучевой скорости любой туманности можно записать в виде

$$V_{\odot} \cdot \cos\lambda + K = Vr.$$

Угол λ — это угловое расстояние на небесной сфере между апексом Солнца, движущегося относительно туманностей с полной скоростью $V_{\odot}$, и исследуемым объектом. Паддок впервые ввел для туманностей так называемый К-член, некую добавку к солнечной скорости. В случае звезд такой член уже вводили и еще в 1903 г. его существование обнаружили американцы Фрост и Адаме, а затем в 1910 г. подтвердили голландский астроном Каптейн и тот же Фрост. Формально положительный К-член означал, что вся совокупность звезд в среднем удаляется от нас со скоростью К. Уже потом выяснилось, что могут быть и другие причины появления К-члена, связанные не с реальным движением, а со смещением спектральных линий в поле тяготения массивных звезд или в общем поле тяготения больших масс Вселенной согласно теории относительности.

Какие бы варианты решений Паддок ни делал, К-член всегда оказывался в пределах 248—338 км/с и положительным. Из его знака следовало, что туманности «удаляются не только от наблюдателя или нашей звездной системы, но и друг от друга». Полученное решение, «несомненно, должно содержать постоянный член, чтобы представить действительное расширение или член в спектральных смещениях линий, не связанный со скоростями»,—писал Паддок. Для туманностей К-член по величине резко отличался от звездного, составлявшего всего лишь несколько километров в секунду.

В США уже вышло три работы с анализом скоростей туманностей, а тот, кто тратил на получение материала бессонные утомительные ночи, все еще молчал. И только 13 апреля 1917 г. на заседании Американского философского общества Слайфер выступил с докладом «Туманности». Философское общество объединяет ученых разных специальностей и два других доклада на этом заседании никакого отношения к астрономии не имели. Сообщение Слайфера во многом было популярным обзором как общих данных о туманностях, так и работ, выполненных им самим. Он рассказывал о трудностях наблюдений туманностей, упомянул о том, что туманности вращаются. Слайфер продолжал верить, что туманности летят в пространстве вперед своим краем. (Любопытно, что и пять лет спустя об этом же писал Вирц и только в 1925 г. Лундмарк закрыл вопрос, не обнаружив

корреляции между лучевой скоростью туманностей и их сжатием.)

Но ценность доклада была в другом. Упорно продолжая работать, Слайфер к 1917 г. довел число туманностей с измеренной лучевой скоростью до 25. «Средняя скорость .с учетом знака положительна, она указывает, что туманности удаляются со скоростью около 500 км/с. Это может означать, что спиральные туманности разлетаются,— говорил Слайфер и тут же с осторожностью добавлял,— но их распределение на небе не согласуется с этим, поскольку они имеют склонность к образованию скоплений». Этот аргумент, не играющий здесь на самом деле никакой роли, вероятно, казался ему очень существенным.

Можно было бы ожидать, что теперь хозяин возросшего материала сам подробно изучит движение Солнца. Но этого не произошло. Слайфер по-прежнему говорил о подобных исследованиях как деле будущего и лишь предварительно указал, что движение Солнца со скоростью в 700 км/с направлено к созвездию Козерога.

Звезды, окружающие Солнце, такого движения не показывали. В этом различии Слайфер видел подтверждение идеи о том, что туманности представляют собой отдельные острова Вселенной. О работах Трумена, Юнга и Харпера он почему-то совсем не вспомнил.

Заканчивая свой доклад, Слайфер твердо заявил, что изученные им туманности — это явно не те объекты, из которых могли формироваться солнечные системы, подобные нашей.

На полях Европы, Ближнего Востока и Закавказья бушевала первая мировая война. Обычно тесные связи между странами порвались и ученые Старого и Нового Света плохо знали, что делается в науке по обе стороны Атлантики. А между тем в Германии и в Нидерландах как раз в это время удалось получить важнейшие результаты, имеющие прямое отношение к удивительным лучевым скоростям туманностей, измеренных Слайфером. Альберт Эйнштейн в Берлине сформулировал свое космологическое уравнение и в предположении стационарности Вселенной нашел его решение. В этом решении гипотетические силы гравитационного отталкивания вакуума, введенные им, уравновешивались тяготением вещества, заполняющего Вселенную. Год спустя, в остававшихся нейтральными Нидерландах профессор Лейденского университета Биллем де Ситтер рассмотрел астрономические следствия теории относительности. Он нашел, что решение Эйнштейна не единственное. Если предположить, что во Вселенной средняя

плотность вещества очень мала, то эйнштейновские силы отталкивания будут преобладать над тяготением вещества и вызовут его расширение, разлёт. Космические силы отталкивания пропорциональны расстоянию, поэтому и скорости взаимного удаления частиц вещества (под частицами можно понимать и отдельные галактики) будут пропорциональны расстоянию.

В 1916 и 1917 гг. три статьи об эйнштейновской теории гравитации и ее астрономических приложениях, написанные де Ситтером по предложению Эддингтона, были переправлены в Англию и опубликованы в ежемесячном журнале Королевского астрономического общества. Из-за войны список лучевых скоростей туманностей Слайфера до де Ситтера не дошел и он знал только об измерении скоростей туманности Андромеды и еще двух туманностей. Ему оставалось лишь отметить, что в отличие от туманности Андромеды у других объектов скорости положительны. Но де Ситтер полагал, что «спиральные туманности вероятнее всего находятся среди самых далеких объектов, которые мы знали». Он с уверенностью предсказывал, что «у очень удаленных объектов мы должны ожидать высокие или особенно высокие лучевые скорости».

Началась европейская часть истории изучения движений туманностей.

В конце 1917 г. сотрудник Страсбургской обсерватории Карл Вильгельм Вирц, ничего не зная о работе Паддока, также ввел в кинематические уравнения К-член... Вообще работа Паддока прошла на удивление незаметно. Даже Хаббл, подробно описывая в книге «Мир туманностей» труды своих предшественников, Паддока не вспомнил и считал, что введение К-члена — это заслуга Вирца.

Вирц заключил, «что система спиральных туманностей по отношению к нынешнему положению Солнечной системы, как центра, движется прочь со скоростью примерно 656 км/с».

Через четыре года, располагая уже 29 лучевыми скоростями, вдвое больше прежнего, Вирц повторил свое исследование, в сущности получив тот же результат. Кажется, в этой работе он впервые кратко назвал К-член — красным смещением.

А в промежутке между двумя работами Вирца такой же расчет с К-членом сделал и Лундмарк. Тогда еще природу туманностей в сущности не знали и вместе со спиралями и Магеллановыми Облаками Лундмарк использовал также и планетарные туманности. Но спиралей было большинство и из всех вариантов его решений также неизменно следовал общий вывод: К-член очень велик и имеет положительный знак.

Пока Паддок, Вирц и Лундмарк определяли К-член, Слайфер

в одиночестве продолжал измерять все новые лучевые скорости. Число туманностей с известными лучевыми скоростями неуклонно росло и в 1925 г. их насчитывалось уже 45. Но анализом полученных данных Слайфер по-прежнему не занимался.

Вероятно, войной и нарушением связей следует объяснить, почему ни Вирц, ни Лундмарк о теории де Ситтера в своих статьях тогда не упоминали.

В годы войны де Ситтер не только разработал приложение эйнштейновской теории к астрономии, но сделал и другое важнейшее дело, в конечном итоге подтолкнувшее изучение красного смещения.

В Нидерландах он мог получать литературу из Германии и делиться научными новостями со своими английскими коллегами, став посредником между учеными двух воюющих держав. Именно он в 1916 г. посылает Эддингтону статью Эйнштейна, знакомит его с общей теорией относительности и привлекает внимание к одуому из следствий теории, которое можно было бы проверить. Глава английской астрономии сразу же понял значение работы Эйнштейна и вместе с Дайсоном, тогдашним королевским астрономом, энергично берется за подготовку, несмотря на продолжающуюся войну, экспедиции для наблюдения полного солнечного затмения 29 мая 1919 г. Фотографируя звезды вокруг полностью затмившегося Диска Солнца, можно убедиться, отклоняется ли луч света, проходя около гравитирующего тела, как это предсказывала теория Эйнштейна.

При наблюдении затмений многое зависит от случайностей. Месяцы подготовки, затраты средств и времени, порой длительные путешествия, а результатов может не быть просто из-за плохой погоды, случайно набежавшего облачка. Так происходило и на этот раз. В день затмения на острове Принсипи у побережья Африки, куда прибыла одна из двух английских экспедиций, разразился сильнейший дождь. Погода стала чуть улучшаться, когда затмение уже началось и Солнце частично было закрыто Луной. Снимать затмение пришлось сквозь облака. И все же на нескольких снимках Эддингтон обнаружил следы звезд. Тщательные измерения показали, что звезды действительно смещены, причем так, как это требовали выводы Эйнштейна. Теория Эйнштейна триумфально подтвердилась. «Вся Англия только и говорит, что о Вашей теории,— писал Эддингтон в декабре 1919 г. Эйнштейну,— она произвела потрясающую сенсацию».

Весть о подтверждении теории относительности разнеслась

по всему миру. Теперь нужно было искать и другие следствия теории, и работы де Ситтера указывали исследователям-эмпирикам нужное направление поиска. Необходимо было проверить, есть ли действительно связь лучевых скоростей с расстоянием далеких объектов.

Первым на эту задачу откликнулся Вирц. Весной 1924 г. он публикует статью «Де Ситтеровская космология и радиальные движения спиральных туманностей». Но откуда взять расстояния туманностей? Ведь в то время даже для ближайших туманностей — Андромеды и Треугольника — Хаббл еще не получил своих результатов. И Вирц решается взять за меру расстояний видимые диаметры туманностей, полагая, что истинные их размеры в среднем одинаковы. В этом предположении, чем дальше туманность, тем меньше будет ее видимый диаметр. Искомая связь между видимым размером и скоростью, а вернее намек на нее, обнаружилась: чем меньшие туманности он брал, тем больше оказывалась у них лучевая скорость. Но зависимость, полученная Вирцем, была не совсем той, что предсказывалась теорией. Там линейная зависимость должна наблюдаться между скоростью и расстояниями, а Вирц, вероятно, чтобы как-то смягчить слабую обоснованность своей гипотезы, вместо размеров туманностей решил брать их логарифмы. И еще одно мешало доверять полученному результату. Обнаружилось, что со скоростью коррелирует также и поверхностная яркость туманностей. У концентрированных туманностей скорость была больше. Тогда еще не догадывались, что это столь частый в астрономии эффект селекции. Просто среди в целом слабых объектов для наблюдений выбирались те, у которых поверхностная яркость выше, особенно в центре. Тогда их спектры можно было сфотографировать за обозримые экспозиции.

Летом того же года завершил подобное исследование и Лундмарк. И перед ним стояла та же трудная проблема расстояний туманностей. Естественно, приходилось снова опираться на гипотезу их одинаковых размеров. Ее Лундмарк дополнил предположением о том, что и светимости туманностей равны. Комбинируя два подхода, Лундмарк получил расстояния всех туманностей в относительных единицах. В качестве же самой единицы он принял расстояние туманности Андромеды. Но четкого, убедительного результата и на этот раз получить не удалось. «Нанося лучевые скорости против относительных расстояний,— заключал Лундмарк,— мы находим, что между двумя величинами может быть связь, хотя и не очень определенная».

Следующий, 1925 г. опять не принес ничего решающего. В

работу по изучению движений туманностей, наконец, включился и американский астроном — сотрудник обсерватории Маунт Вилсон Густав Стрёмберг. Но и материал по лучевым скоростям, и предположение о видимом блеске туманностей как мере расстояния, оставались прежними. Опять получился не более чем намек на зависимость скорости от расстояния. «Мы не нашли достаточных оснований считать, что существует какая-либо зависимость радиальных движений от расстояния от Солнца» — четко и, вероятно, с разочарованием сделал Стрёмберг свой вывод.

Когда он уже закончил работу, неутомимый Лундмарк опубликовал новое исследование. На этот раз он попытался представить эффект красного смещения в кинематических уравнениях не обычным К-членом, а выражением с постоянным членом и двумя членами с расстоянием в первой и второй степенях. Искомые коэффициенты определились крайне неуверенно. Но, поскольку коэффициент при квадрате расстояния оказался отрицательным, Лундмарк заключил, что «у спиралей едва ли можно обнаружить лучевые скорости, превышающие 3000 км/с». Не прошло и пяти лет, как этот рубеж остался позади.

Последнюю, и в сущности — безуспешную попытку установить связь скорости с расстоянием туманностей, вновь опираясь на их видимые диаметры, сделал немецкий астроном Дозе в 1927 г.

Закон его имени

Любому серьезному исследователю становилось ясным, что дело не в малом числе известных лучевых скоростей или их недостаточной точности, а в том, как надежно установить расстояния туманностей. Ключ для решения этого кардинального вопроса был в руках Эдвина Хаббла. Он знал работы своих предшественников-астрономов и несомненно верил, что связь между скоростями и расстояниями туманностей существует.

Хабблу была известна и по крайней мере одна теоретическая работа, предсказывающая зависимость между красным смещением и расстоянием до галактик. Еще в 1926 г. — в статье «Внегалактические туманности» он рассматривал релятивистскую модель Вселенной де Ситтера и, вероятно, уже тогда задумал проверку предсказаний теоретиков, хотя всегда достаточно сдержанно относился к теории.

К концу двадцатых годов космологические модели, основанные на общей теории относительности, были полностью разработаны. Однако они оставались либо вовсе неизвестны астрономам, либо не вызывали у них сколько-нибудь заметного интереса. Вероятно, было несколько причин такого странного положения, когда теоретическое предсказание важнейшего явления природы долго оставляло почти безучастными тех, кто мог проверить предсказание. На первых порах, по-видимому, только Рессел и Шепли в письмах друг другу обсуждали связь теории де Ситтера с возможной зависимостью скорость—расстояние спиральных туманностей и даже шаровых скоплений, казавшихся тогда столь же далекими объектами.

Первая причина, по-видимому, состояла в том, что космологические модели строились на основе общей теории относительности Эйнштейна, которая очень сложна и математически и, самое главное, сложна совершенно новыми понятиями о пространстве, времени и сути гравитационного взаимодействия. В те времена не только астрономы-наблюдатели, но даже и физики-теоретики далеко не сразу осваивались с новыми идеями, не сразу поняли их и научились применять в конкретных исследованиях. Итак, первая причина была в сложности теории и разобщенности между теоретиками и наблюдателями. Вторая причина — психологическая, вероятно, состояла в необычности выводов теории, утверждавшей, например, возможность замкнутости пространства или существование начала эволюции нашего мира в прошлом.

Астрономам-практикам, с помощью новых телескопов проникавшим все дальше в глубины пространства, психологически было трудно поверить в реальность таких утверждений, в корне меняющих их общее представление о Вселенной.

Похожая история повторилась сорок лет спустя с предсказанием и открытием реликтового излучения горячей Вселенной.

Вернемся к началу двадцатых годов. В 1922 и 1924 гг. советский математик А. А. Фридман вывел и полностью решил космологические уравнения. Эти уравнения следовали из теории Эйнштейна и описывали общее строение и эволюцию Вселенной в предположении однородности распределения материи в больших масштабах и равноценности всех направлений в пространстве. Основной вывод из решений Фридмана состоял в том, что в общем случае материя в больших масштабах во Вселенной не может находиться в среднем в покое — Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься. Это заключение было получено Фридманом строго математическим путем, но суть его довольно проста[1]. Единственными силами, которые действуют в однородной Вселенной, являются силы тяготения. Поэтому если представить, что в какой-то момент огромные массы во Вселенной в среднем неподвижны друг относительно друга, то в следующий момент под действием тяготения они придут в движение, вещество начнет сжиматься. Галактики можно рассматривать, как «частички» такого вещества. Конечно, Вселенная не обязательно должна сжиматься. Если вначале задать всем массам скорости удаления друг от друга, то она будет расширяться, а тяготение только тормозит разлет. Будет ли разлет или сжатие, зависит от начальных условий, от процессов, которые определили начальные скорости масс. Правда, Эйнштейн ввел в свои уравнения так называемый Λ-член, описывающий еще один вид сил — гипотетические силы гравитационного отталкивания вакуума. Эти силы должны быть слабы и проявляться только на больших космологических расстояниях. Эйнштейн ввел эти силы специально для того, чтобы построить статическую модель Вселенной без расширения и сжатия. В этом решении силы тяготения вещества уравновешены силами отталкивания. В уравнениях Фридмана также учтен Λ-член. Силы отталкивания, им описываемые, ослабляют силы тяготения вещества[2]. Но, конечно, чтобы прийти к точному равновесию сил и к модели Эйнштейна, нужен специальный подбор начальных условий. Модель Эйнштейна, предложенная в 1917 г., есть частный случай модели Фридмана. Другим частным случаем

является модель де Ситтера, в которой совсем нет тяготеющего вещества и господствуют силы гравитационного отталкивания.

Добавим также, что уравнения Фридмана описывают не только динамику движения масс во Вселенной, но и геометрические свойства пространства, как говорят, степень его искривленности, которая меняется при расширении Вселенной.

Первая работа Фридмана, доказывающая нестатичность Вселенной, была получена редакцией известного немецкого «Физического журнала» в конце июня 1922 г. Эйнштейн был настолько убежден в правильности своей модели, в необходимости статического решения космологических уравнений, что посчитал работу Фридмана ошибочной. В середине сентября 1922 г. редакция «Физического журнала» получила краткую заметку Эйнштейна. В ней он, по выражению академика В. А. Фока, «несколько свысока говорит, что результаты Фридмана показались ему подозрительными и что он нашел в них ошибку, по исправлении которой решение Фридмана приводится к стационарному».

А. А. Фридман узнал о мнении Эйнштейна из письма своего коллеги по работе в Петрограде Ю. А. Круткова, бывшего в то время в заграничной командировке. В декабре 1922 г. Фридман написал Эйнштейну письмо, в котором подробно излагал суть своих вычислений, убедительно доказывая свою правоту. Письмо заканчивается словами: «В случае, если Вы сочтете правильными изложенные в моем письме расчеты, я прошу Вас не отказать мне в том, чтобы известить об этом редакцию «Физического журнала»; быть может, в этом случае Вы поместите в печати поправку к Вашему высказыванию или предоставите возможность для перепечатки отрывка из этого моего письма».

Хотя Эйнштейн получил письмо (оно сохранилось в его архивах), но, по-видимому, либо не прочел его вовремя, либо не обратил серьезного внимания, будучи уверен в своих результатах.

В мае 1923 г. Крутков встретился с Эйнштейном в Лейдене в доме известного голландского физика П. Эренфеста и в многократных беседах доказал ему правильность выводов советского математика. В письме от 18 мая 1923 г. к сестре в Петроград Крутков писал: «Победил Эйнштейна в споре о Фридмане. Честь Петрограда спасена!»

Сразу же после бесед с Крутковым Эйнштейн направил в «Физический журнал» краткую заметку следующего содержания: «К работе А. Фридмана «О кривизне пространства». В предыдущей заметке я подверг критике названную выше работу. Однако моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я

считаю результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическим также и динамические (т. е. переменные относительно времени) центрально-симметричные решения для структуры пространства».

Так, в 1923 г. Эйнштейн отметил фундаментальную важность теоретического открытия Фридманом нестационарности Вселенной. Однако дальнейший ход событий показал, что, несмотря на публикацию статьи Фридмана в широко читаемом журнале и признание самого Эйнштейна, его работа выпала из поля зрения не только астрономов, но и физиков-теоретиков. Трудно сказать, почему так произошло.

В 1923 г. немецкий математик Г. Вейль отметил, что если в пустую Вселенную де Ситтера, где есть только силы гравитационного отталкивания, поместить галактики со сравнительно малой плотностью так, что их тяготением можно пренебречь по сравнению с силами отталкивания, описываемыми Λ-членом, то они приобретут скорости, пропорциональные расстоянию между ними (для сравнительно небольших расстояний).

Другой теоретик Х. Робертсон в 1928 г. пришел к такому же заключению. Более того, сопоставляя расстояния, вычисленные по данным Хаббла 1926 г., со скоростями, полученными Слайфером, он нашел приблизительное подтверждение закона пропорциональности скорости расстоянию. Знал ли Хаббл тогда результаты Робертсона — неизвестно, но установить это несомненно было бы интересно для истории науки.

В 1927 г. ученик А. Эддингтона Дж. Леметр в сущности повторил работу А. А. Фридмана. Как и Фридман, он пришел к заключению о нестационарности Вселенной. Для небольших расстояний Леметр также получил линейную связь между скоростью и расстоянием, которая фактически отражает однородность Вселенной. Найденный им коэффициент пропорциональности оказывается близким к коэффициенту, вскоре полученному Хабблом.

Однако в начале своей работы и сам Хаббл и другие непосредственные участники первых обсуждений его открытия не знали или не помнили всех теоретических исследований. Вероятно, только модель де Ситтера с предсказываемым ею разбеганием галактик в почти пустой Вселенной, а также статическая модель Эйнштейна были единственными схемами, которые принимались тогда во внимание.

В жизни Хаббла приближался звездный час. Прежде всего он хотел убедиться в том, что у туманностей все более далеких

лучевые скорости продолжают расти. Скромный телескоп Слайфера для этой цели уже не годился. Решить задачу можно было только на Маунт Вилсон, где находился крупнейший в мире инструмент и работал искусный наблюдатель Милтон Хьюмасон.

Примерно за год до главного дела своей жизни Хаббл составляет список очень слабых и, вероятно, очень далеких туманностей, у которых следовало бы измерить лучевые скорости, а Хьюмасон снимает спектр туманности NGC 7619 — члена скопления в Пегасе. Упорно, ночь за ночью наводит он щель спектрографа на один и тот же объект, чтобы накопить нужные экспозиции в 36 и 45 часов. Наконец, спектр получен и измерен. Линии поглощения в спектре туманности оказались смещенными в красную сторону и ее лучевая скорость составила 3779 км/с. Это был успех, которого с нетерпением ждал Хаббл.

Теперь следовало спешить. Семнадцатого января 1929 г. в «Труды» Национальной академии наук одновременно поступили две небольших статьи. Одна — Хьюмасона с сообщением об измерении скорости NGC 7619. Другая — также небольшая, всего в 6 страниц статья Хаббла «Связь между расстоянием и лучевой скоростью внегалактических туманностей». Эту краткую статью наряду с немногими другими, следует считать одной из самых выдающихся работ за всю историю астрономии. В марте номер «Трудов» вышел в свет.

«Определения движения Солнца относительно внегалактических туманностей,— так начал Хаббл свою статью, — содержат К-член в несколько сотен километров в секунду, по-видимому, являющийся переменным. Можно думать, что объяснение этого парадокса состоит в корреляции между видимыми лучевыми скоростями и расстояниями, однако до сих пор такой результат оставался недоказанным. Настоящая статья представляет собой пересмотр вопроса, опирающийся исключительно на те расстояния туманностей, которые считаются достаточно надежными».

В распоряжении Хаббла было 46 лучевых скоростей, от отрицательных у самых близких галактик — туманности Андромеды, ее спутников и туманности Треугольника, до положительных, достигавших 1000 км/с у более далеких объектов. Порой невольно думается, что Хаббл обладал даром предвидения и заранее знал, что понадобится ему через несколько лет. Сейчас настало время использовать очень важные результаты 1926 г.: ярчайшие звезды в туманностях оказались примерно одинаковой светимости. Близкими друг к другу были светимости и самих исследованных Хабблом галактик. У двадцати четырех туманностей с известными расстояниями

лучевые скорости были уже измерены. Четыре из них с самыми большими скоростями, входили в состав скопления в Деве.

Учитывай или не учитывай движение Солнца, простое сопоставление скоростей и расстояний с несомненностью убеждало, что зависимость существует (рис. 2). Значит, в кинематическое уравнение действительно нужно вводить К-член, по пропорциональный расстоянию — Kr. Из решения уравнений следовало, что Солнце со скоростью примерно в 280 км/с летит в направлении созвездия Лиры, к яркой звезде северного неба Беге. Главный же результат состоял в том, что числовой коэффициент при расстоянии получился вполне уверенным. Из двух несколько разных решений он составлял примерно + 500 км/с на мегапарсек. Это означало, что туманности разлетаются во все стороны от нас и друг от друга, а их скорость действительно линейно нарастает с расстоянием. К оставшимся двадцати двум туманностям с из постными движениями по лучу зрения, но без данных- о расстояниях, можно было подойти по-разному. Во-первых, попытаться прикинуть расстояния по их видимой величине. Хаббл так и поступил, и его кинематический результат практически не изменился: +530 км/с на мегапарсек. Задачу можно было и обернуть: считать зависимость между скоростью и расстоянием известной, определить по пей расстояния и затем оценить абсолютные величины туманностей. В среднем их абсолютная величина оказалась равной —15,3^{m}, т. е. тому значению, которое Хаббл уже получал раньше по туманностям с известным расстоянием. Противоречий не было. «Результат устанавливает примерно линейную связь между скоростями и расстояниями туманностей, для которых ранее были опубликованы лучевые скорости...», — таким был основной вывод Хаббла. «Для того чтобы исследовать проблему для много больших расстояний, мистер Хьюмасон на Маунт Вилсон начал программу определения скоростей самых далеких галактик, доступных для уверенных наблюдений». И скорость первой же далекой галактики по зависимости Хаббла соответствовала такому расстоянию, что ее абсолютная звездная величина совпала с величинами ярчайших членов скоплений галактик. В самом конце своей статьи Хаббл четко заявил о глубоком смысле своего результата: «зависимость скорость—расстояние может представлять эффект де Ситтера и, следовательно, ... количественные данные становится возможным привлечь к рассмотрению общей кривизны пространства».

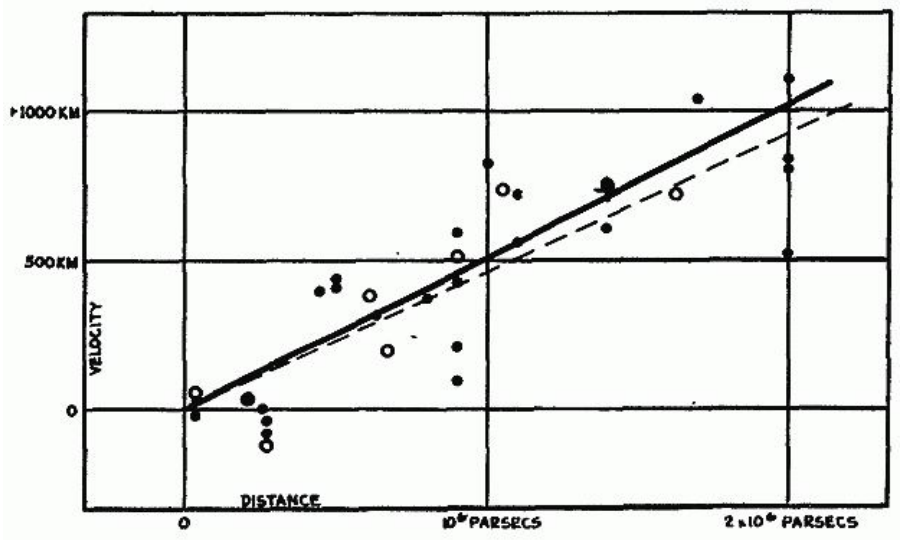


Рис. 2. Диаграмма Хаббла - первая, построенная им зависимость между лучевыми скоростями галактик и их расстояниями (1929 г.)

Коэффициент пропорциональности в этой зависимости сам Хаббл обозначал буквой К. В дальнейшем в честь Хаббла его стали называть постоянной Хаббла и обозначать буквой Н. Первым, кто назвал пропорциональность красного смещения расстоянию галактик «зависимостью Хаббла» был, по-видимому, профессор Калифорнийского технологического института Ричард Толмен, известный теоретик, специалист по применению общей теории относительности в астрономии. Он сделал это в своей статье «Об астрономических применениях де Ситтеровского линейного элемента для Вселенной». В ней Толмен говорит о зависимости красное смещение — расстояние, как о хорошо установленном факте, относящемся к миру галактик. Любопытно, что статья Толмена датирована 25 февраля 1929 г., а работа Хаббла была опубликована только в выпуске журнала от 15 марта. Видимо Толмен уже знал о ней до опубликования. Удивляться этому не приходится—офис обсерватории Маунт Вилсон располагался в Пасадене, в том же городе, где и институт, и ученые хорошо знали друг друга.

Прошло несколько лет, и о зависимости скорость-расстояние Милн и другие писали уже как об известном всем законе Хаббла.

Как и о первом, о новом замечательном достижении Хаббла для всех, интересующихся наукой, у нас впервые на страницах популярного журнала рассказал тот же В. Мальцев. Но оригинальную работу Хаббла он явно не читал и его изложение

довольно туманно.

В двадцатых числах июня на съезде Американского астрономического общества в Беркли Хаббл рассказал о попытке определить расстояние большого скопления галактик в созвездии Волосы Вероники. Здесь на площади в десяток лунных дисков находилась тысяча туманностей, ярчайшие из которых визуально наблюдались еще лет за 70 до Хаббла. Если принять для них оцененную Хабблом среднюю абсолютную величину, скопление оказывалось на расстоянии 16 миллионов парсеков, в семь раз дальше скопления в Деве. Свет от него шел до Земли 50 миллионов лет.

Весной 1929 г., преодолевая огромные трудности, Хьюмасон и Пиз измеряют лучевые скорости трех туманностей в Волосах Вероники. Эти туманности были уже намного слабее наблюдавшихся Хьюмасоном в Деве. С разбросом в 1200 км/с их скорости группировались к значению 7500 км/с.

Рессел, всегда живо откликавшийся на новости астрономии, в популярном журнале «Сайентифик американ» тогда писал: «Существование странного эффекта расстояния представляется подтвержденным. Если зависимость действует и дальше, то спектры должны стать совсем необычными. Можно сфотографировать туманность вдесятеро дальше хьюмасоновской [NGC 7619]. Тогда ее скорость достигнет 40 000 км/с и линия натрия из желтой сместится в красную часть спектра. «Что все это значит? Мир туманностей расширяется?» — спросит читатель. Наилучший ответ,— продолжал Рессел,— заключается в теории замечательного голландского астронома де Ситтера. Если туманности сперва были близки, то с начального момента они будут удаляться друг от друга со скоростью, пропорциональной расстоянию, как на это и указывают исследования Хаббла. Однако признать теорию де Ситтера без оговорок преждевременно. Философски неприемлемо, чтобы все галактики прежде были вместе. На вопрос— «почему?» ответа мы не находим».

Наступило лето 1929 г. и Хаббл по обыкновению отправился на отдых в горы Сьерра-Невада, а когда вернулся, обнаружил у себя бандероль с очередным майским «Бюллетенем Астрономических институтов Нидерландов», со статьей де Ситтера «О звездных величинах, диаметрах и расстояниях внегалактических туманностей и их видимых лучевых скоростях». Это была подробная и основательная статья как раз о том, чем занимался Хаббл уже несколько месяцев. Но с наблюдательной точки зрения ничего нового она не содержала, да и не могла содержать. Новых лучевых скоростей у де Ситтера не было, звездные величины он брал из литературы. Лишь оценки

расстояний де Ситтер комбинировал из данных Хаббла, только что опубликованных, Лундмарка — из работы 1927 г. и из небольшого числа других источников. Естественно, де Ситтер получил практически те же результаты, что и Хаббл. Пожалуй, единственное, что отличало их работы — стремление де Ситтера сразу же увидеть теоретические следствия расширения наблюдаемой Вселенной. Именно это вызвало интерес астронома-наблюдателя Хаббла, но поспешность теоретика явно задела его самолюбие и в письме де Ситтеру он вынужден был твердо заявить: «...в «Бюллетене» № 185 есть момент, к которому я решаюсь привлечь Ваше внимание. Возможность зависимости скорость — расстояние туманностей носилось в воздухе уже годами. Я полагаю, впервые упомянули о ней Вы. Но наша предварительная заметка в 1929 г. была первым представлением материала, когда разброс по сравнению с диапазоном расстояний оказался достаточно малым, чтоб зависимость установить стало возможно. Более того, в этой заметке мы объявили программу с целью проверки зависимости на больших расстояниях, используя всю мощь 100-дюймовика. Работа очень трудна, но мы испытываем удовлетворение, поскольку результаты неизменно подтверждают первоначальную зависимость. По этим причинам - я считаю зависимость скорость — расстояние, ее формулировку, проверку и подтверждение маунтвилсоновским достижением и глубоко заинтересован в ее признании как таковой... Мы всегда предполагали, что когда -опубликованы предварительные результаты и объявлена программа их дальнейшей проверки, первое обсуждение новых данных естественно принадлежит тем, кто действительно выполнил работу. Должны ли мы сделать вывод, что Вы не придерживаетесь подобной этики, что нам следует хранить наши наблюдения в секрете? Конечно, здесь некое недоразумение». Де Ситтер был несколько задет тоном письма Хаббла, но в дальнейшем их переписка оставалась дружественной. Правоту Хаббла де Ситтер полностью признал.

Теоретическая интерпретация открытия Хаббла в рамках модели де Ситтера встречала очевидные трудности, так как модель предполагала пренебрежимо малую среднюю плотность вещества во Вселенной. Распределение же галактик в пространстве показывало, что плотность отнюдь не мала. В это время Леметр написал Эддингтону письмо с напоминанием о своей работе 1927 г. о расширении Вселенной с конечной (не пренебрежимой) средней плотностью вещества. Эддингтон сразу же увидел, что модель Леметра дает теоретическое объяснение выводов Хаббла. Он сообщил об этом де Ситтеру и оба знаменитых теоретика горячо приветствовали работу Леметра.

Фридмана в это время уже не было в живых и о его пионерских и исчерпывающих работах, к сожалению, не вспомнили. Так получилось, что Леметр был провозглашен «Отцом теории расширяющейся Вселенной». Фортуна ему улыбнулась. Только спустя многие годы приоритет Фридмана стал постепенно восстанавливаться и в настоящее время общепризнан. Вспомним в связи с этим еще раз Эйнштейна. В 1931 г. о теории расширяющейся Вселенной он писал так: «Первым... на этот путь вступил Фридман». А в 1945 г. Эйнштейн добавил: «Последующее представляет собой не что иное, как изложение идеи Фридмана».

Между тем наблюдения Хаббла и других астрономов приносили все новые результаты. Еще работая в Гамбурге, до переезда в Америку, Вальтер Бааде обнаружил в Большой Медведице довольно крупное скопление туманностей. Его члены были заметно слабее, чем в скоплении Девы, и Хаббл смело предсказал, что их лучевая скорость должна быть около 12 000 км/с. Наблюдения Хьюмасона одной из них дали 11 800 км/с!

Фотографируя Нептун для поисков его спутников, Кристи нашел во Льве, недалеко от Регула, еще скопление слабых туманностей. Самая яркая из них, маленькая чуть диффузная звездочка на снимке 100-дюймовика, была на целую величину слабее ярчайшей туманности в скоплении Большой Медведицы. Хаббл и Хьюмасон понимали, что скопление во Льве может оказаться самым далеким объектом, до сих пор известным во Вселенной. Специально переделывается аппаратура, чтобы за приемлемое время снять спектр туманности. И, наконец, результат получен: 19 700 км/с. Достаточно было слабой лупы, чтобы без всяких измерений увидеть, как известные линии Н и К кальция заметно сместились на спектрограмме в красную часть спектра.

Прошли два года напряженной работы. Пора было подводить ее итоги. К марту 1931 г. Хьюмасон и Хаббл подготовили две важнейшие работы. Вскоре они вместе были опубликованы в «Астрофизикл джорнэл». Теперь Хьюмасон мог привести лучевые скорости 46 туманностей — изолированных объектов, а_ также членов скоплений и группировок в Деве, Пегасе, Рыбах, Раке, Персее, Волосах Вероники, Большой Медведице и Льве, для которых Хаббл уже оценил расстояния.

Совместная работа Хаббла и Хьюмасона о новом определении зависимости скорости туманностей от их расстояния была серьезным и основательным исследованием. Опираясь на близкие туманности, в которых известны цефеиды, они еще раз подтвердили, что ярчайшие постоянные звезды в туманностях имеют примерно одинаковую светимость и могут служить

индикаторами расстояний. Этот метод, однако, перестает работать, когда туманности столь далеки, что отдельные звезды уже не видны. Но в некотором приближении и абсолютные величины самих туманностей можно считать одинаковыми. А тогда мерой расстояния туманности служит ее видимый блеск.

Работа Хаббла и Хьюмасона содержит много деталей, сейчас уже не очень интересных. Но, если от них отвлечься, главным в ней был новый перечень туманностей с измеренными лучевыми скоростями и видимыми величинами. Теперь можно было приступить к проверке того, сохранится ли зависимость между скоростью и расстоянием, когда скопления туманностей по оценке Хаббла находятся в 32 миллионах парсеков от нас.

Вывод был однозначным: «Ныне наблюдения охватили интервал расстояний примерно в 18 раз больше, чем было в предварительном исследовании, и достигают пределов, доступных имеющемуся оснащению. Но форма корреляции остается неизменной... и, таким образом, зависимость скорость — расстояние представляется общей характеристикой наблюдаемой области пространства. Кроме своего космологического значения, зависимость дает новый метод определения расстояний индивидуальных объектов, причем относительная ошибка фактически уменьшается с расстоянием. Это открывает новые возможности в исследовании туманностей...».

Даже постоянная Хаббла почти не изменилась и вместо 500 км/ (с · Мпк) исследователи получили 560 км/ (с · Мпк).

И все же Хаббл не мог глубоко судить об общих следствиях своего открытия. Он был не теоретиком, а только наблюдателем. Возможно, на него произвела впечатление и работа Цвикки (Калифорнийский технологический институт) , выдвинувшего идею, что красное смещение — это вовсе не следствие движения, а потеря энергии, квантами света на их долгом пути в пространстве. Видно, поэтому они с Хьюмасоном стали особенно подчеркивать, что имеют дело лишь с наблюдаемыми, «видимыми» скоростями галактик. «Мы чувствуем,— писал - в 1931 г. де Ситтеру Хаббл от своего имени и от имени Хьюмасона, — что интерпретацию следует оставлять Вам и еще очень немногим, кто компетентен авторитетно обсуждать предмет».

Прошло еще три года и Хьюмасон измерил лучевые скорости 35 новых туманностей, не входящих в скопления. Теперь у исследователей было 85 туманностей, по которым еще раз следовало бы проверить зависимость между скоростью и расстоянием или, что равносильно ей, — между видимой величиной, как мерой расстояния, и логарифмом лучевой скорости.

Изолированные туманности показали в сущности ту же зависимость, что и туманности в составе скоплений. Только зависимости оказались параллельно смещенными друг относительно друга, что объяснить было нетрудно.

Снова зависимость между скоростями туманностей и их расстоянием подтвердилась. Продолжает ли она действовать и дальше — вопрос, который задавали себе многие. Нужны были новые наблюдения и Хьюмасон писал: «Попытка расширить наблюдаемый интервал расстояний путем наблюдения более слабых скоплений туманностей сделана будет. Некоторое расширение, по-видимому, вполне возможно, однако со 100-дюймовым рефлектором предел будет достигаться около 17,5 фотографической величины. Необходимые для слабых туманностей экспозиции не так уже продолжительны, как это следует из их звездной величины, поскольку красное смещение столь значительно, что линии H и K перемещаются в спектральную область, где фотографическая пластинка особенно чувствительна. Более того, поскольку красное смещение велико, а значительные вероятные ошибки терпимы, можно использовать и еще меньшую дисперсию. Основная трудность заключается в том, что примерно при 17,5 фотографической величине туманность в кассегреновском фокусе 100-дюймового рефлектора настолько визуально слаба, что ее нельзя разглядеть на щели спектрографа».

Пока Хьюмасон получал спектры, Хаббл открывал одно за другим новые более далекие скопления туманностей — в Близнецах и Северной Короне, с ярчайшими объектами почти семнадцатой звездной величины, и в Волопасе, где самая яркая туманность слабее на величину. В 1931 г. почти столь же слабое скопление, снова в Большой Медведице, обнаружил и Вальтер Бааде. Размеры этих скоплений составляли уже не несколько дисков Луны, а небольшие его доли.

В таких далеких туманностях, оставляющих на фотопластинке лишь смутный маленький след, обнаружить какие-либо индикаторы расстояний, не только цефеиды, но и более яркие звезды-сверхгиганты, новые звезды, шаровые и рассеянные скопления, уже совершенно невозможно. Приходилось опираться на видимые звездные величины самих туманностей, полагая, что их истинные светимости достаточно близки. «Общим критерием расстояния, пригодным для всей наблюдаемой части Вселенной, являются полные светимости или, точнее говоря, функция светимости туманностей, т. е. их распределение по светимостям»,—указывал Хаббл. Он вновь берется за проблему светимостей туманностей и двумя способами

решает ее. Теперь для проверки закона Хаббла требовались лучевые, скорости все более удаленных туманностей.

В 1936 г. Хьюмасон публикует данные для 100 туманностей и среди них для членов скоплений в Северной Короне, которое, как оказалось, удаляется со скоростью 21000 км/с. В Близнецах измерения дали скорости 23 000 и 24 000 км/с, Волопасе - 39 000 км/с. Рекордную скорость, 42 000 км/с, Хьюмасон измерил у одной из туманностей в скоплении Большой Медведицы. И по-прежнему закон Хаббла оставался в силе.

Но это было уже пределом. Когда на своих пластинках Хаббл нашел скопление в Гидре, еще более слабое и далекое, измерить лучевую скорость даже самой яркой туманности в нем Хьюмасон не смог.

Итак, свои возможности в деле измерения лучевых скоростей 100-дюймовый рефлектор исчерпал полностью. А глубокий вопрос о природе красного смещения в спектрах галактик продолжал оставаться открытым. Необходимо было понять, действительно ли красное смещение вызвано эффектом Доплера, связанным с расширением Вселенной, или, быть может, с каким-то другим неизвестным физическим эффектом, например, «старением» фотонов во время их длительного путешествия в пространстве. В случае реальности расширения, предсказываемого космологической теорией, следовало выявить релятивистские эффекты и определить параметры космологической модели.

В теории расширяющейся Вселенной есть модель, которая выделяется среди других своими свойствами. Прежде всего в ней считается, что Λ-член равен нулю, т. е. силы отталкивания, введенные Эйнштейном для построения теории статической Вселенной, отсутствуют. Модели без Л-члена делятся на открытые и закрытые. В моделях первого типа плотность вещества во Вселенной мала и силы тяготения не в состоянии полностью затормозить разлет вещества — расширение продолжается неограниченно. В закрытых моделях плотность велика, тяготение сильно и останавливает расширение, заставляя затем Вселенную сжиматься. Закрытые модели обладают замкнутым пространством, в открытых моделях пространство бесконечно и в нем справедлива геометрия Лобачевского. Пограничное значение средней плотности вещества во Вселенной получило название критической. Оно определяется постоянной Хаблла и при $H = 500$ км/(с·Мпк) примерно равно $5 \cdot 10^{-28}$ г/см^3. Модель с критической плотностью выделена и тем, что ее трехмерное пространство характеризуется геометрией Евклида.

В моделях расширяющейся Вселенной раньше галактики

были ближе друг к другу, а средняя плотность превышала сегодняшнюю. Значит тогда скорость взаимного удаления галактик оказывалась больше и мы с неизбежностью должны прийти к выводу, что в прошлом был момент бесконечной плотности. (Тогда ни галактик, ни отдельных небесных тел еще не существовало, они возникли позже в ходе расширения Вселенной.) Этот момент формально бесконечной плотности вещества, момент начала расширения, называют космологической сингулярностью. В космологической сингулярности произошел «Большой взрыв», давший начальные скорости разлета вещества Вселенной.

Как давно это было? Оценку дать нетрудно. Если бы две галактики все время удалялись друг от друга с постоянной скоростью, то, поделив расстояние между ними на скорость, мы бы получили время, когда они находились в одном месте. Учтя же закон Хаббла $V = Hr$, найдем, что этот промежуток времени равен $1/H$, независимо от расстояния. Таким образом, если бы скорость удаления каждой галактики не тормозилась тяготением, в момент $1/H$ они все находились бы в одном месте. На самом же деле в прошлом скорости были большие. Но, если плотность вещества во Вселенной не слишком превышает критическую, а это именно так, торможение по порядку величины сделанную оценку времени не изменит. Подставив значение H, найденное Хабблом, получим, что время $1/H \approx 2 \cdot 10^9$ лет.

На рубеже двадцатых и тридцатых годов по радиоактивному распаду урана в земной коре был оценен, возраст нашей планеты — от двух до шести миллиардов лет. По относительному количеству изотопов урана 235 и 238 в горных породах Резерфорд также нашел, что возраст Земли около 3 миллиардов лет. В 1930 г. Эддингтон заметил, что время $1/H$ очень близко к возрасту радиоактивных элементов и сильно отличается от оценок возраста звезд. Тогда возраст звезд считался гораздо большим — около тысячи миллиардов лет. Так следовало из предположения, что источником энергии звезд служит превращение их массы в излучение. Причем принималось, что практически вся масса может перейти в излучение по формуле Эйнштейна $E = mc^2$. Дополнительные аргументы в пользу столь долгого существования звезд следовали из сделанных Джинсом оценок времени динамических процессов в звездных системах.

Возникло знаменитое противоречие между двумя шкалами времени. Ведь если звезды существуют сотни миллиардов лет, их возраст должен быть намного больше возраста Вселенной!

Как примирить столь разные оценки?

Космологи пытались «растянуть» время расширения

Вселенной, считая, что Λ-член все же не равен нулю. С другой стороны, к концу тридцатых годов стало ясно, что источником излучения звезд служит ядерная энергия. В излучение переходит только малая доля всей массы звезды и поэтому оценку возраста звезд следует уменьшить на два порядка. Тогда же, после более детального исследования галактик, отпали и аргументы Джинса о необычайно длительном существовании звездных систем. Спустя еще некоторое время изменилась и оценка продолжительности расширения Вселенной, так как выяснилось, что значение Я, определенное Хабблом, сильно завышено. В конце концов все явные противоречия между разными «космическими шкалами» исчезли, хотя некоторые вопросы все же остались.

В годы второй мировой войны, оглядываясь на то, что сделал он сам и его коллеги за прошедшее десятилетие, Хаббл так сформулировал взаимоотношения теории и наблюдений: «Математики имеют дело с возможными мирами, с бесконечным числом логически последовательных систем. Наблюдатели исследуют один единственный мир, в котором мы живем. Между ними находится теоретик. Он изучает возможные миры, но только те, которые совместимы с информацией, получаемой наблюдателями. Другими словами, теория пытается выделить минимальное число возможных миров, обязанное включать и существующий обитаемый нами мир. Затем наблюдатель, обладая новой фактической информацией, пытается уменьшить их перечень еще больше. Так и происходит, наблюдения и теория вместе движутся вперед к общей цели — познанию структуры и поведения физической Вселенной».

Хаббл, как наблюдатель, искал тесты, которые позволили бы понять фундаментальные свойства Вселенной. Один из них казался ему особенно многообещающим. Но здесь нужно перелистать назад страницы биографии Хаббла и вернуться к 1926 г. К этому времени он задумал сделать статистический обзор туманностей на всем небе. На обсерватории Маунт Вилсон уже накопилось множество снимков неба с тысячами туманностей. Но делались они в разных условиях, неоднородно покрывали небо и для решения поставленной задачи не годились. Тогда на 60- и 100-дюймовых рефлекторах Хаббл начал систематическое фотографирование в стандартных условиях. На его пластинках находилось около 60 тысяч туманностей. Сорок четыре тысячи объектов Хаббл подсчитал на 1283 пластинках, по крайней мере трижды тщательно просматривая их с большим и малым увеличением. Это был огромный, требующий неустанного внимания труд. А затем последовал неменьший труд по учету необходимых поправок в результаты подсчетов.

Далекие туманности мы наблюдаем сквозь нашу звездную систему. Из их подсчетов можно кое-что узнать и о нашей Галактике, и многое о самом мире галактик за ее пределами. Две такие задачи и решал Хаббл.

Вдоль полосы Млечного Пути Хаббл туманностей не нашел. Там обрисовалась четкая зона избегания, пылевая среда нашей Галактики полностью заслоняла далекие объекты, затем простирались зоны с частичным поглощением света, а далее — область нормального распределения туманностей.

Подсчеты Хаббла показали, что на всем небе должно быть до 75 миллионов туманностей, доступных 100-дюймовому телескопу. Главный вывод Хаббла состоял в том, что число туманностей со звездной величиной (исправленной за эффект красного смещения) от ярких к все более слабым нарастает так, как должно быть при их равномерном распределении в пространстве. Отсюда получалась важнейшая величина — средняя плотность вещества в пространстве, равная примерно 10^{-30} г/см^3.

На съезде Американского астрономического общества в Пасадене летом 1931 г. Хаббл впервые рассказал о результатах своего труда, но только через три года опубликовал окончательную статью. Это была замечательная работа и по объему материала, полученного за множество бессонных ночей, и по тщательности его обработки. В подсчетах туманностей у Хаббла были предшественники, однако прошло уже более полустолетия, но никто не решился пойти в сторону еще более слабых объектов.

В 1935 г. Хаббл и Толмен предложили два метода изучения природы красного смещения, не опирающегося на измерения лучевых скоростей. «Возможность того, что красное смещение может вызываться... причиной, связанной с большим временем или расстоянием, требующимися для путешествия света от туманности к наблюдателю, заранее отвергать нельзя», — писали они и продолжали: «Однако оба мы склоняемся к мнению, что если красное смещение вызвано не удалением, его объяснение, вероятно содержит некоторые совершенно новые. физические принципы».

Первый метод в основе прост: оказывается, что распределение яркости в эллиптической туманности будет разным в зависимости от того, означает ли красное смещение реальный разлет галактик, либо это проявление еще неизвестных причин. Вот здесь Хабблу понадобилась его старая работа о яркости в туманностях. Но на пути применения метода стояли непреодолимые тогда трудности.

Надежды были на второй метод. Теория дает математические выражения для связи числа галактик с их звездными величинами. Но красное смещение ослабляет свет галактик и в их измеренные величины нужно вводить некоторые поправки. Это связано с двумя эффектами. Во-первых, каждый, приходящий к наблюдателю фотон, из-за красного смещения обладает меньшей энергией, и такое явление Хаббл назвал «эффектом энергии». Во-вторых, при реальном удалении галактики испускаемые ею фотоны прибывают к наблюдателю реже, чем при ее неподвижности — «эффект числа». Если красное смещение вызывалось бы «старением» фотонов по дороге к наблюдателю, «эффект числа» не имел бы места.

Применение и этого метода связано с большими трудностями. Так, свет далеких галактик приходит покрасневшим, и на диапазон чувствительности фотопластинки приходится уже иная область их спектра. Это приводит к необходимости больших поправок, которые известны плохо. Но главная и принципиальная трудность состоит в том, что, наблюдая далекие галактики, мы видим свет, испущенный ими в прошлом, когда свойства источников излучения — их светимость, размер и т. д.— могли быть иными.

Хаббл понимал стоящие перед ним препятствия и все же решился сравнить теорию с подсчетами галактик. Он использовал новые подсчеты галактик и более ярких, чем раньше, и более слабых и далеких, продвинувшись еще на одну звездную величину. Казалось бы, теперь, когда все необходимые поправки учтены, эффекты, связанные со свойствами окружающего нас пространства, должны проявиться еще отчетливее. Но результаты оказались обескураживающими. «Наблюдения могут быть согласованы с одной из двух совершенно разных типов Вселенных, — вынужден был признать Хаббл — ...Если красные смещения не есть смещения за счет скорости, наблюдаемое распределение туманностей соответствует эйнштейновской статической модели Вселенной или расширяющейся однородной модели с неподдающейся оценке скоростью расширения... Если красные смещения происходят за счет скорости, которая характеризует расширение, модели с расширением определенно не согласуются с наблюдениями, если не постулировать большую положительную кривизну [пространства] — (малая замкнутая Вселенная). Максимальное значение современного радиуса кривизны должно быть порядка $4{,}7 \cdot 10^8$ световых лет, а средняя плотность в общем порядка 10^{-26}. Высокая плотность указывает, что модели с расширением — это вынужденная интерпретация наблюдательных результатов».

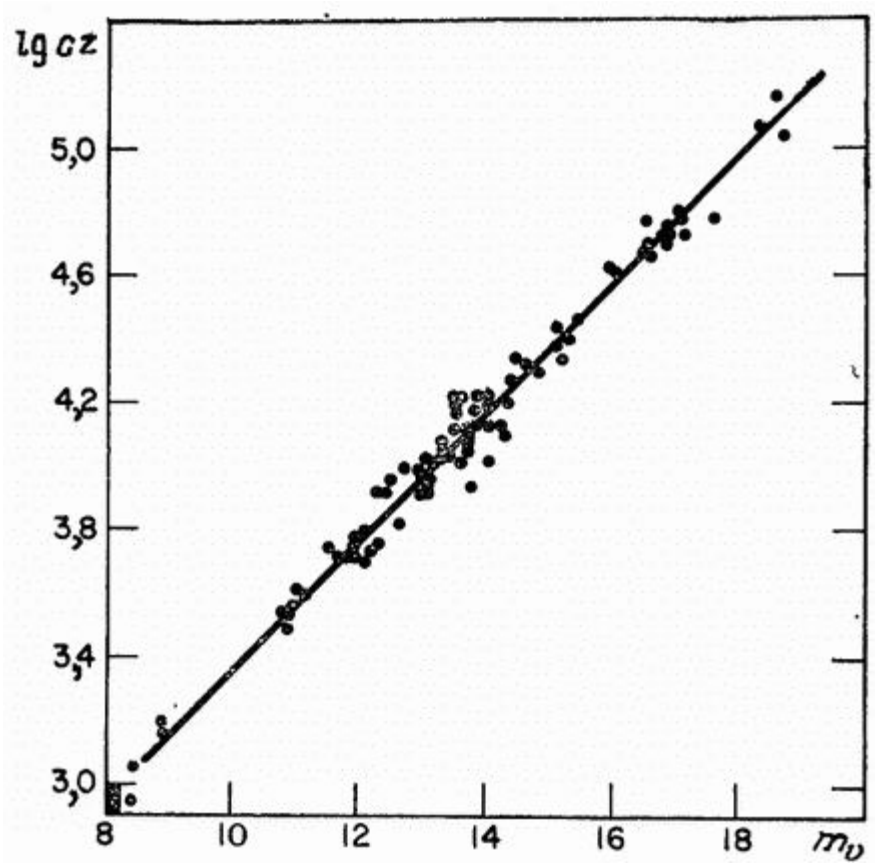


Рис. 3. Зависимость видимой звездной величины ярчайших галактик в 82 скоплениях и красного смещения z. Черный прямоугольник в левом нижнем углу соответствует области данных, доступных Хабблу в 1929 г. Рисунок из работы Сендиджа и Таммана 1981 г., основанный на более ранних измерениях Сендиджа

Столкнувшись с неразрешимым противоречием, Хаббл особенно четко осознал, что все надежды на прогресс — в новом строящемся 200-дюймовом телескопе. «...Обзоры туманностей, практически до пределов возможностей существующих инструментов дают в качестве альтернатив удивительно маломасштабную Вселенную или же до сих пор еще непознанный закон природы, — писал он.— Окончательный выбор, основанный на наблюдательных критериях,... невозможен до тех пор, пока не будут получены результаты с 200-дюймовым рефлектором».

Это и другие проблемы космологии предстояло решать новым поколениям астрономических инструментов и новым поколениям астрономов.

В наблюдательной космологии самой известной и самым главным тестом служит зависимость «красное смещение — звездная величина ярчайших галактик в скоплениях» (рис. 3). Ее называют диаграммой Хаббла. Отклонение зависимости от прямолинейной для больших расстояний несет в себе информацию о природе красного смещения и параметрах космологической модели. Но разделить влияние разных эффектов, к сожалению, очень сложно и это не сделано до сих пор.

Вопрос же о природе красного смещения, который особенно волновал Хаббла, теперь можно считать решенным окончательно. Почти все специалисты полагают доказанным, что красное смещение вызвано расширением Вселенной. Старение квантов приводило бы к разной величине смещения для разных частот спектра, к размыванию изображений далеких галактик и другим явлениям, которые не наблюдаются.

Признание. Грани личности

Закон Хаббла практически сразу же был признан почти всеми астрономами. И не удивительно — все уже готовы были к этому: наблюдатели много лет искали зависимость между скоростью и расстоянием туманностей и находили на нее намеки. Эта зависимость следовала из теоретических представлений, наконец, автор открытия работал на крупнейшем инструменте в мире и был самым авторитетным специалистом по внегалактической астрономии. Пожалуй, на первых порах только Шепли высказывал некоторые сомнения. Ему казалось, что наблюдательный материал по лучевым скоростям еще недостаточен, что светимости галактик имеют слишком большой разброс. Он предупреждал, и оказался совершенно прав в этом, что в далеких галактиках за важнейший индикатор расстояния — звезды высоких светимостей — можно ошибочно принять целые звездные скопления. Но может быть, в критике Шепли невольно сквозило и сожаление об упущенной возможности сделать открытие самому. За десять лет до первой работы Хаббла он уже думал, что расстояния и скорости могут быть связаны между собой, и об этом, буквально одной фразой обмолвился в статье о шаровых скоплениях. Отвечая Шепли, Хаббл писал: «Моя статья, как Вы понимаете, просто предварительная корреляция имеющихся данных и не претендует на законченность. Через несколько лет мы должны иметь достаточно новых данных, чтоб полностью пересмотреть вопрос. Я полагаю, что зависимость будет подтверждена, но останется ли она линейной это, по-видимому, вопрос открытый». Но вскоре и сам Шепли убедился, что закон красного смещения установлен надежно. Отпали сомнения и некоторых коллег Хьюмасона по Маунт Вилсон, не ошибается ли тот в отождествлении спектральных линий и не преувеличивает ли поэтому лучевые скорости туманностей.

Хабблу, несомненно, было лестно услышать высокую оценку своих трудов от Эйнштейна. Великий физик уже несколько лет собирался в Соединенные Штаты. Наконец, зимой 1930—1931 гг. по приглашению Милликена Эйнштейн приехал в Калифорнийский технологический институт, где до него уже побывали с лекциями Лоренц, Зоммерфельд и другие выдающиеся ученые Европы. Здесь, в одной из аудиторий Института он слушал доклады наблюдателей Хаббла и Хьюмасона и теоретика Толмена. Не раз он подходил к доске, обсуждая следствия новых открытий. Толмен, проведший ряд лет в

Германии, переводил его слова на английский. Он поднимался на Маунт Вилсон и был в восторге от обсерватории. Газета «Нью-Йорк Тайме» 3 января 1931 г. поместила слова Эйнштейна: «Новые наблюдения Хаббла и Хьюмасона относительно красного смещения света в далеких галактиках делают вероятным предположение, что общая структура Вселенной не стационарна». На одной из встреч с американскими учеными Эйнштейн говорил, что «открытие Хабблом зависимости красного смещения в линиях спектра спиральных туманностей от расстояния до них, привели к драматической концепции пространственной структуры Вселенной...» Во всех работах по космологии Эйнштейн неизменно и с уважением вспоминал Хаббла.

Через год Эйнштейн снова приезжает в Калифорнию. Об этом визите напоминает известная фотография, где он снят вместе с Хабблом и де Ситтером, читавшим в начале 1932 г. лекции по космологии сотрудникам обсерватории. Еще через год Хаббл увиделся на Маунт Вилсон и с Леметром, также воздавшим должное его трудам.

Уже полтора десятилетия Хаббл работал на Маунт Вилсон. Это были его самые плодотворные годы. Одна удача следовала за другой. Сначала прекрасные исследования газовых туманностей в нашей Галактике. Затем переход к внегалактическим туманностям. С 1924 по 1929 г., за каких-то пять лет, Хаббл добивается выдающихся результатов: показывает, что внегалактические туманности — это звездные системы и подтверждает тем самым теорию островной структуры Вселенной, создает общую классификацию туманностей — галактических и внегалактических и, наконец, открывает самое поразительное и грандиозное явление — расширение Вселенной. Проходит еще пять лет и Хаббл вместе с Хьюмасоном подтверждает закон красного смещения на все больших расстояниях, изучает распределение галактик до пределов, доступных 100-дюймовому рефлектору. Едва ли кому-либо из астрономов, не говоря о Копернике и Галилее, удавалось сделать столь революционный переворот в наших представлениях о Вселенной, причем в удивительно краткие сроки.

Наступила пора признания. Его приглашают с лекциями университеты Америки и Англии, награждают почетными медалями, он становится почетным доктором нескольких университетов.

Весной 1934 г. Хаббл пересек Атлантику, чтоб в Оксфорде прочесть Галлеевскую лекцию. Не часто иностранцам представлялась в Великобритании такая почетная возможность. Темой своего выступления Хаббл избрал закон красного

смещения. Оксфордский университет присудил своему бывшему стипендиату степень почетного доктора наук.

В этот приезд на Британские острова Хаббл побывал и на заседании Королевского астрономического общества, где награжденный золотой медалью его соотечественник Харлоу Шепли читал Дарвиновскую лекцию. Хаббл же вручил медаль Брюс англичанину Альфреду Фаулеру и выступил с приветственной речью. Но на этом заседании происходили не только торжественные церемонии, была и научная дискуссия о проблемах расширения Вселенной, в которой выступали Милн, Леметр, Мак-Кри — теоретики и Хаббл, Шепли и Оорт — наблюдатели.

К осени 1934 г. Хаббла пригласили в Йельский университет с курсом лекций. Уже двадцать четыре раза с 1901 г. такие курсы организовывались на средства, выделенные детьми миссис Силлиман в память своей матери. Много видных ученых приезжали в университет — лауреаты Нобелевской премии физики Томпсон и Резерфорд из Англии, химики Нернст из Германии и Аррениус из Швеции, генетики — американец Морган и так и не ставший лауреатом англичанин Бэтсон, читали курсы математик Адамар из Франции и другие. Единственным до Хаббла лектором-астрономом был Кэмпбелл, рассказывавший о движении звезд и в особенности об определении их лучевых скоростей.

Теперь пришла очередь Хаббла. У него было о чем рассказать своим слушателям. Он назвал свой курс «Мир туманностей». Два года спустя лекции Хаббла были опубликованы и его книга стала одним из самых замечательных астрономических обзоров середины тридцатых годов. Четкость изложения, множество иллюстраций — снимков, полученных на 100-дюймовом телескопе, но главным, конечно, было содержание. Хаббл поделился со своими слушателями, а вместе с ними и с читателями-астрономами во всем мире результатами, которые довелось получить на крупнейшем инструменте мира прежде всего ему самому. Два года спустя в переводе Кипенхана книга вышла на немецком языке. В Америке ее вновь переиздали в 1958 и в 1982 гг., когда Хаббла уже не было в живых. Высоко оценили книгу и московские астрономы. В патриархальной обсерватории на Красной Пресне, где работало всего лишь несколько аккуратнейших астрономов старой школы, на книге все же сделали предупреждающую надпись «На дом не выдается».

Хаббл подписал предисловие к своей книге в феврале 1936 г. Книга подчеркнула особую роль в астрономии 100-дюймового рефлектора. И вместе с тем она" показала пределы его

возможностей. Чтобы проникнуть в пространство дальше, требовался новый еще более крупный инструмент.

Как раз в это время мечты Хейла, Хаббла и других астрономов о 200-дюймовом телескопе наконец стали воплощаться в жизнь. Десятого апреля 1936 г. после полудня к железнодорожной станции Пасадена подошел небольшой состав — паровоз, два вагона и платформа, на которой был установлен диск для будущего зеркала телескопа. В обычных условиях фирма Корнинг не взялась бы за трудную отливку огромного диска. Астрономам помогла великая экономическая депрессия, когда в годы спада активности фирма готова была ухватиться за любое дело, сулящее прибыли. По той же причине и заводы Вестинхауза приняли заказ на изготовление монтировки инструмента. На горе Паломар телескоп ждала почти законченная башня — огромное сооружение диаметром в 137 футов.

Медленно, за 16 дней, двигаясь только в светлое время, поезд совершил путь в три тысячи миль от восточного до западного побережья страны. Тысячи людей собирались вдоль железной дороги, чтобы хотя бы издали взглянуть на надежно упакованный диск, которому предстояло стать оком гигантского рефлектора. С осторожностью диск перевезли в Калифорнийский технологический институт для шлифовки и полировки. Рассчитывали, что к концу 1941 г. зеркало будет готово. Но разразилась вторая мировая война и лишь через одиннадцать лет, 19 ноября 1947 г., его подняли на Маунт Паломар. Хейл не дожил до этого дня, он скончался в 1938 г.

Осенью 1936 г. Хаббл вновь посетил Оксфорд, где прочел три лекции под общим названием «Наблюдательный подход к космологии». Он вновь говорил о наблюдаемом нами пространстве, как характерном образчике Вселенной, рассказывал о значении красного смещения. Особенно волновал его вопрос, что же стоит за красным смещением — реальное расширение Вселенной, либо еще неведомый закон природы, заставляющий кванты света терять свою энергию за миллионы лет, путешествуя в пространстве. Лекции Хаббла составили его вторую книгу.

В 1935 г. по рекомендации Национальной академии наук США Колумбийский университет удостоил Хаббла золотой медали им. Барнарда. Это было редким знаком внимания, присуждаемым раз в пять лет. У Хаббла и Барнарда было нечто общее — оба они были астрономами-наблюдателями и свои основные результаты оба получили с помощью фотографии.

А через два года на долю Хаббла выпала совсем нежданная награда. Четвертого августа 1937 г. он открыл новую комету, получившую обозначение кометы 1937 *g*. Она была седьмой в

данном году и пятой из числа новых. Комета совсем непримечательная, слабая и без хвоста наблюдалась несколькими обсерваториями. Тихоокеанское астрономическое общество присудило Хабблу золотую медаль, 165-ю награду за открытие новых комет.

В марте 1938 г. уходящий в отставку президент Тихоокеанского астрономического общества доктор Джефферс вручил золотую медаль Кетрин Вольф Брюс, очередному тридцать третьему лауреату. Им был Эдвин Хаббл.

Так получилось, что медаль Брюс до недавнего времени считалась самой высокой наградой в астрономии. Строго следуя завещанию Альфреда Нобеля, Нобелевский комитет до конца 60-х годов не присуждал премии астрономам. И только последние двадцать лет позиция комитета изменилась — астрономию приравняли в правах к физике и лауреатами стали Ганс Бете, Ханнес Альвен, Мартин Райл и Энтони Хьюиш, Арно Пензиас и Роберт Вилсон, Субраманьян Чандрасекар и Уильям Фаулер. Живи Хаббл дольше или измени комитет свой подход раньше, он несомненно был бы среди них.

Учредительница медали мисс Брюс никогда не занималась наукой, но, несомненно, была выдающейся женщиной. Одной из первых в США она получила высшее образование, знала латынь, немецкий, французский и итальянский языки, профессионально рисовала и почему-то особенно стремилась поддержать астрономию. Тогда наука была предельно бедна. Даже если удавалось построить крупный телескоп, на все остальное денег обычно не хватало, и рядовая обсерватория затруднялась подписаться, скажем, на «Астрофизикл джорнэл». А мисс Брюс в тридцать обсерваторий Америки и Европы послала от 50 до 50 000 долларов. Только за последние десять лет жизни (она скончалась в 1900 г. в возрасте 84 лет) ее пожертвования на астрономию составили 175 000 долларов. С 1897 г. она предоставила средства на золотую медаль своего имени «за выдающееся служение астрономии», а через год первым лауреатом стал американец Саймон Ньюком.

Медаль Брюс, по существу, стала международной наградой. По предложению Холдена, первого директора Ликской обсерватории и первого президента Тихоокеанского общества, каждый год руководители обсерваторий — трех иностранных — Гринвичской, Парижской и Кордобской, и трех американских — Гарвардской, Йеркской и Ликской представляли к награде не более трех кандидатов, и только из них выбирался самый достойный. В списке награжденных Хабблу предшествовал Герцшпрунг, а следовал за ним Шепли, люди, чей вклад в

астрономию велик и несомненен, как и вклад самого Хаббла.

Приветственный адрес в честь награжденного подготовил Харальд Бебкок. В нем говорилось: «Главное, о чем следует здесь сказать, это то, что доктор Хаббл впервые установил надежную шкалу расстояний до объектов, наблюдаемых на 100-дюймовом рефлекторе и находящихся далее Магеллановых Облаков. Объем пространства, ставший ныне предметом исследования, в миллиард раз превышает объем поддававшейся количественному анализу всего лишь двадцать лет назад», Бебкок продолжал: «Я не стану пытаться обсуждать космологическое значение наблюдений доктора Хаббла. Несомненно они оказали сильное воздействие на представления величайших физиков-теоретиков и астрономов, побудили к глубинам философских размышлений и, что вероятно, самое важное, ясно указали на необходимость еще большей инструментальной мощи. Не будет преувеличением сказать, что убедительные данные, полученные им на 100-дюймовом телескопе — это могущественный аргумент в пользу создания 200-дюймового рефлектора».

Вечером 21 марта 1938 г. после награждения Хаббл выступил с публичной лекцией «Природа туманностей». Почему-то он не стад говорить ни о мире бесчисленных далеких галактик, ни об их движениях, чем он занимался последние годы. Он как бы вернулся к истокам и рассказывала туманности Андромеды и ее спутниках, их структуре и населении, ядрах, шаровых звездных скоплениях, цефеидах, новых звездах и замечательной сверхновой 1885 г,., ярких звездах постоянного блеска. Пожалуй, самое интересное для истории астрономии заключалось в том;, что уже тогда, в 1938 г., Хаббл стоял буквально рядом с открытием удвоения шкалы внегалактических расстояний. К этому времени в туманности Андромеды обнаружилось уже около 120 новых звезд и оказалось, что с принятым Хабблом расстоянием новые звезды в максимуме блеска примерно на величину слабее своих аналогов в нашей Галактике. Группы одинаковых по своей природе объектов в двух звездных системах существенно различались друг от друга. Хаббл был явно озабочен. «Таким образом,— говорил он в своей лекции,— эти очевидные противоречия имеют исключительное значение. Они либо указывают на внутренние различия между группами, либо на ошибки в интерпретации имеющихся данных. Прогресса не может быть до тех пор, пока вопрос не решится».

И тут в сторону от правильного решения Хаббла увел его коллега Вальтер Бааде. Он обратил внимание на то, что снимки туманности Андромеды на больших рефлекторах делались довольно редко, не чаще нескольких раз в месяц. Поэтому для оценки звезды в максимуме кривые блеска обычно приходилось

несколько экстраполировать, учитывая скорость падения блеска, определенную тогда, когда от максимума звезда была уже далека. Но яркие новые звезды в нашей Галактике значительно быстрее слабели сразу же после максимума и лишь затем скорость падения их блеска уменьшалась. Если все это учесть, новые в туманности Андромеды и Галактике, как будто бы должны стать одинаковыми.

Такие рассуждения тогда казались верными, но только в 1953—1955 гг., когда молодой американец Халтон Арп получил в свое распоряжение 60-дюймовый рефлектор и смог фотографировать туманность Андромеды каждую ночь, обнаружилось большое разнообразие новых звезд. Среди них были и очень быстрые, яркие в максимуме блеска, и медленные, значительно слабее. Так просто, как думалось Бааде, вопрос не решался.

Связь между блеском новых и скоростью их угасания, найденная Арпом,— в сущности иное выражение другой давно и хорошо известной зависимости: чем меньшие сроки требуются звезде, чтобы ослабеть на три звездные величины, тем она абсолютно ярче. Эту зависимость справедливо связывают с именем американского астронома Мак-Лафлина. Еще в 1939 г. он указал, что галактические новые, наблюдавшиеся простым глазом, в среднем быстрее, чем все новые в целом, а в 1945 г. представил зависимость уже в окончательной форме в абсолютных звездных величинах. Но все-таки первым подметил ее Хаббл. Явно опираясь на данные о новых в туманности Андромеды, он в своей лекции заявил: «Яркие новые, по-видимому, ослабевают значительно быстрее слабых».

Хаббл уже давно подметил, что и шаровые скопления в туманности Андромеды тоже слабее, чем в Галактике. Но это противоречие его особенно не тревожило. Он думал, что в разных галактиках шаровые скопления действительно могут быть различными. Об этом как будто бы свидетельствовали скопления в Магеллановых Облаках.

Противоречия удалось разрешить Бааде четырнадцать лет спустя совсем по-другому. Оказалось, что туманность Андромеды на самом деле дальше и несоответствие светимостей объектов в двух галактиках объясняется только этим. Хаббл успел застать этот важный шаг в установлении новой шкалы расстояний, но о том, как сам был близок к открытию и как упустил его, он не говорил ни в одной своей статье.

Прошло меньше года и заслуги Хаббла перед наукой отметил также Франклиновский институт, присудив ему медаль Франклина. В журнале Института Хаббл публикует доклад о движении нашей Галактики среди туманностей, сделанный им

после церемонии вручения награды.

К середине 30-х годов Хаббл стал одним из самых известных астрономов Соединенных Штатов и всего мира. Казалось бы, теперь его мог бы увлечь водоворот руководящих должностей, представительства, заседаний. Но все это Хабблу было чуждо — он любил науку и ей отдавал все свои силы. Сендидж вспоминал: «Обычно он не очень-то активно принимал участие в формальной деятельности, как поступают многие другие ученые-профессионалы. Хотя он и был членом Американского астрономического общества, он никогда не занимал там никаких постов, никогда не ходил на заседания. Он держал себя весьма отчужденно, в стороне от научных споров и контактов. И, я думаю, он не делал никаких попыток, чтобы стать политиком в науке, в астрономии, как, например, Харлоу Шепли или Отто Струве, стать каким-то лидером».

Строго говоря, Сендидж прав не совсем. Хаббл бывал на заседаниях Общества, обычно происходивших дважды в год, но таких случаев за всю его жизнь можно насчитать всего лишь несколько. Да и то он появлялся среди широкого круга коллег, когда съезды Общества проходили на обсерватории или где-то поблизости. Хаббла выбирали и в Совет и вице-президентом Общества. В сороковых годах он стал членом исполнительного комитета Американского астрономического общества,' представлявшего астрономов страны в Международном астрономическом союзе. Но и на этих должностях он себя, вероятно, никак особенно не проявлял.

«Он... не очень-то общался со своими коллегами»,— говорит Сендидж. В архиве Хаббла в Хантингтонской библиотеке хранится его переписка с учеными. Хаббл, по-видимому, не очень заботился о сохранении писем. И все же думается, что переписывался он мало.

Обычно это были сугубо профессиональные, научные послания Шепли, Слайферу, де Ситтеру и другим, чаще всего несколько писем за долгие годы. Лишь с Мейолом Хаббл поддерживал переписку в течение 20 лет, с тех пор, как они оба стали заниматься подсчетами галактик. «Тем, кто интересовался той же областью исследований, — писал Мейол, — Хаббл неизменно оказывал помощь и поддержку. Его письма часто заканчивались словами: «Желаю удачи, и дайте мне знать, как я могу Вам помочь». Его ответы на вопросы и на просьбы об информации относительно отдельных туманностей были неизменно ясными и полными и часто содержали даже больше, чем ожидалось». Вероятно, вспоминая о трех годах работы вместе с Хабблом, Сендидж говорил: «Он всегда был очень добр к

молодым, помогал. Он был как строгий отец, но не настолько строгий, чтобы к нему нельзя было подойти». И все-таки из-за огромной разницы в возрасте, почти в четыре десятилетия, контакты между этими двумя выдающимися астрономами нашего столетия в основном были профессиональными. В отличие, скажем, от Шепли, Хаббл не был окружен учениками и помощниками. «Он всю свою работу делал сам. У него никогда не было ассистентов вплоть до самого конца, когда он перенес болезнь. Он работал очень много и вся его жизнь была посвящена работе» (Сендидж).

Серьезный, благородного и сурового облика, сдержанный и не похожий на более непосредственных американцев, казавшийся даже высокомерным, углубленный в свое дело — таким видели Хаббла в его зрелые годы коллеги по обсерватории.

Но Хаббл умел быть и другим. И его иной облик, иные грани его личности, порой неожиданные, видели друзья, не связанные с ученым профессионально.

Примерно в трех милях к югу от офиса обсерватории на Санта-Барбара стрит есть в пригороде Пасадены Сан-Марино небольшая тихая и зеленая улица Вудсток драйв. Почти в самом ее конце, на повороте, до сих пор стоит дом № 1140 — двухэтажный, каменный, под черепичной крышей, наполовину скрытый разросшимися деревьями и кустарником. Здесь жил Хаббл. Обычный калифорнийский дом, в каких селилась тогда не очень богатая интеллигенция — ученые, профессора. По американским стандартам дом невелик. Сендидж, не раз бывавший там, помнит, что в, нем было 5—7 комнат. На первом этаже гостиная в испанском стиле, кабинет Хаббла, где он много работал. Для бездетных супругов дом был просторным. За несколько лет до своей кончины в 1980 г. миссис Хаббл продала его семье с двумя детьми. Новым хозяевам дом показался тесноватым и некоторое время назад к нему сделали пристройку.

Отсюда, из долины, как и другие астрономы, Хаббл поднимался на вершину Маунт Вилсон для наблюдений, но обычно это были 3—4 ночи в месяц. Остальная жизнь и работа астронома шла здесь либо в офисе обсерватории, либо дома.

Душой дома была его хозяйка — миссис Грейс Хаббл, посвятившая свою жизнь супругу. Они были счастливы в браке. «Я часто бывал там,— говорит Сендидж,— и видел, как они общались. Они относились друг к другу с подлинным большим уважением, она была очень предана ему». Но их жизнь отнюдь не была замкнутой. Сюда, на Вудсток драйв приходили интересные незаурядные люди. Это были и американцы, и англичане, с которыми Хаббл познакомился в Оксфорде и на многие годы

сохранил дружеские связи, и те, кто приезжал в соседний Голливуд. Одним из личных друзей Хабблов был Игорь Стравинский. Тесная дружба связала Хабблов и семью известного английского писателя Олдоса Хаксли, внука сподвижника Чарльза Дарвина, естествоиспытателя Генри Хаксли (его имя у нас обычно пишут как Гексли). Они познакомились в октябре 1937 г., когда Хаксли с женой, поселившись в Калифорнии, впервые поднялись на Маунт Вилсон и Хаббл показывал им звездное небо.

Хорошо знал Хаббл и еще одного члена талантливого рода Хаксли — старшего брата Олдоса биолога Джулиана Сорела Хаксли. Для Стравинского, Хаксли, писателей, артистов из Голливуда в доме на Вудсток драйв устраивались обеды. Миссис Хаббл, окончившая Станфордскин университет, разбиралась в литературе, искусстве, музыке, архитектуре. В архиве до сих пор хранится ее переписка и просто с друзьями и с друзьями-знаменитостями, такими, например, как английский киноактер Джордж Эрлис, исполнитель ролей знаменитых исторических деятелей, признанный лучшим актером в 1929—1930 гг., сэр Хью Сеймур Уолпол — английский новеллист, сценарист, коллекционер книг и рукописей. Он многое повидал, как и Эрлис, жил в Англии и Соединенных Штатах, судьба забросила его даже в Россию, где в первую мировую войну он служил медиком в русской армии и видел события 1917 г. в Петрограде.

Друзьями и знакомыми семьи были сэр Чарльз Ричард Фейри, у которого обычно гостил Хаббл, приезжая в Англию, ирландский драматург и писатель Эдвард Джон Мортон Планкетт, восемнадцатый барон Дансени, Уолт Дисней, создатель знаменитого Диснейленда, британский посол в США Филипп Генри Керр, одиннадцатый маркиз Лотиан. Его в свое время Ллойд Джордж сделал своим секретарем и помощником при подготовке Версальского договора. После захвата Гитлером Чехословакии Керр понял, что политика умиротворения агрессора должна быть отвергнута и свою главную задачу как посла видел в организации поставок военных материалов из США в Великобританию. Великий композитор, выдающиеся писатели и актеры, множество других калифорнийских интеллигентов — люди, с которыми Хаббл и его супруга дружили, встречались, переписывались. Среди этого блестящего общества Хаббл затеряться не мог. Разумеется, прежде всего он был ученым, серьезным, строгим исследователем природы, но его интересовали и гуманитарные вопросы: история, классическая литература, философия, история и философия науки. Хаббла хорошо знали в Южной Калифорнии вне его профессионального

круга. В 1938 г., после кончины Хейла, он становится членом совета библиотеки и художественной галереи, основанной в Сан-Марино железнодорожным магнатом Американского запада Генри Хантингтоном. Здесь во всемирно известном культурном комплексе хранятся редчайшие книги и рукописи, среди них первопечатная «Библия» Гутенберга, коллекции английской живописи двух прошлых веков, редкие гобелены, фарфор, скульптура. До конца своих дней Хаббл оставался в библиотечном совете и в 1954 г. в память о нем библиотека издала сборник его публичных выступлений «Природа науки и другие лекции».

Хаббл любил книги. В своем доме он собрал множество литературных произведений и книг по астрономии. Но особенной ценностью были старинные издания. После смерти Хаббла по его завещанию обсерватория получила более сотни книг XVI—XVIII веков: сочинение Плиния Старшего, «Краткое изложение Альмагеста Птоломея» Пурбаха и Региомонтана, испанский перевод «Космографии» Апиана, сочинения Сакробоско с предисловием Меланхтона — гуманиста и теоретика лютеранства, второе издание труда Коперника, книги Галилея, Кеплера, Гевелия, Риччиоли, «Начала» Ньютона… Сменившие порой многих хозяев за несколько веков и отмеченные как посмертный дар Хаббла, они с тех пор хранятся в библиотеке обсерватории.

Исполняя гражданский долг

В июне 1939 г. последний раз перед второй мировой войной в Пасадене собрались видные астрономы Европы и Америки, чтобы обсудить структуру и динамику галактик. Из Европы приехали Линдблад и Оорт, среди американцев были Мейол из Ликской обсерватории, сотрудники обсерватории Маунт Вилсон и Калифорнийского технологического института. Конференция не была формальной и хозяева и гости могли непринужденно и подробно говорить об интересующих их проблемах.

К этому времени Хаббл уже достиг многого в изучении форм галактик. Работая на 60- и 100-дюймовых рефлекторах, он сфотографировал 800 ярких галактик каталога Шепли—Эймз и свыше полутора тысяч более слабых объектов, разбросанных по всему небу. Этого уже вполне хватало, чтоб спустя почти четверть века вновь вернуться к классификации галактик. И хотя до окончательного анализа и выводов было еще далеко, а Хаббл так и не успел завершить свое дело, стало ясно, что ценность существующей системы классификации подтвердилась и вся последовательность галактик представлялась стройной, единой и непрерывной. Хуже обстояло дело с динамическими исследованиями — для них спектральных данных еще недоставало.

С какими чувствами разъезжались участники конференции, воспоминаний не сохранилось. И все же несомненно, что они невольно могли задумываться о том, когда доведется встретиться им вместе следующий раз, понимая, что обстановка в Европе становится мрачней и мрачней.

Вскоре американские астрономы съехались вместе еще раз. В начале августа в Калифорнийском университете происходил 62 съезд Американского астрономического общества. Этот последний предвоенный съезд был особенно многолюдным. Американские астрономы продолжали собираться и в последующие годы, но многие из них, занятые тогда совсем не научными заботами, приезжать уже не могли.

На съезде Хаббл выступил с небольшим сообщением о пересеченных спиралях, указывая на их сходство с нормальными галактиками. Ни по каким физическим характеристикам, кроме бара—перемычки, они не отличались от обычных. Тогда естественно было предположить, что бар мог образоваться под воздействием не внутренних, а внешних сил. Однако связи ориентации баров с соседними галактиками подметить не

удалось. Совсем неясным оставался и вопрос об участии бара во вращении галактики.

На съезде Хаббла выбрали вице-президентом Общества на 1939—1941 гг.

Многие участники съезда посетили обсерватории Тихоокеанского побережья — Ликскую, Маунт Вилсон и Маунт Паломар. В Пасадене они увидели 200-дюймовое зеркало. Тем, кто работал на Йеркской обсерватории вероятно было особенно интересно, что кассегреновское отверстие в исполинском зеркале в точности равнялось размеру объектива знаменитого 40-дюймового рефрактора. На горе Паломар перед гостями предстали законченная башня нового телескопа, где уже шла его монтировка, и башня будущей 48-дюймовой камеры Шмидта. В один из вечеров гости наблюдали на 60- и 100-дюймовых телескопах на Маунт Вилсон. И хотя обычно большой рефлектор совершенно закрыт для посторонних, на этот раз было сделано исключение. Гости друг за другом карабкались по лестнице на наблюдательную площадку, где их ждал Хаббл, показывавший в ньютоновском фокусе Марс и известную планетарную туманность в Водолее — «Сатурн». Астрономы хорошо знают «визит-эффект». Гостям не повезло — изображения были довольно скверными и разглядеть что-то на диске Марса на этот раз не удалось.

Хаббл интенсивно работал. Вместе с Бааде он изучает интересные объекты, только что открытые Шепли. «В 1938 г. мы были очень удивлены,— писал Шепли,— когда на гарвардских пластинках неожиданно и совсем случайно обнаружили два небесных объекта совершенно нового типа. Казалось, что вся последовательность галактик была уже известна, все формы давно полностью описаны — это спирали со многими разновидностями спиральных форм, сфероидальные и неправильные галактики. Объекты, открытые в Скульпторе и Печи, не укладывались естественным образом в существующий ряд и не были его логическим дополнением. Напротив, они вносили некоторые сомнения в нарисованную нами картину — внушали подозрения, что быть может мы не так уж далеко продвинулись в познании мира галактик, как это воображали».

На одном из снимков Шепли обнаружил россыпь примерно двух тысяч маленьких точек на площади менее, чем в один градус. Этот рой в Скульпторе поразительно напоминал какой-то дефект на пластинке. Но контрольные снимки показали, что точки — реальные небесные светила. Что это было — скопление далеких очень слабых галактик или звезд? Для исследования новых объектов требовались крупные телескопы и Бааде и Хаббл на 100-дюймовом рефлекторе получили серию негативов.

Распределение звезд, а ими и оказались члены Системы Скульптора, удивительно равномерно. В ней нет ядра, нет звездных скоплений, звезд-сверхгигантов и диффузных туманностей. Она совсем не походила на NGG 6822 — галактику, детально исследованную Хабблом много лет назад. В Системе Скульптора удалось обнаружить 40 переменных. Две из них вероятно принадлежали к цефеидам. Отсюда следовало, что она удалена на 84 000 парсеков и находится вне пределов нашей Галактики. Это была слабая карликовая галактика поперечником примерно в 1000 парсеков.

Похожей на нее оказалась и удаленная более чем вдвое и большая по размерам Система Печи. Местная группа галактик пополнилась двумя новыми сочленами с необычными, характеристиками.

Вместе с Бааде Хаббл предпринимает и другую большую работу — фотографирование неба в низких галактических широтах, вдоль Млечного Пути. Их цель — точнее наметить границы зоны избегания галактик и нащупать участки, свободные от межзвездного поглощения — окна, где удалось бы проникнуть как можно дальше и полнее изучить структуру и население нашей звездной системы. План был обширным: в шести полосах .по широте надо было через каждые 5° снимать звездные поля на протяжении 100° по долготе. Часть материала получить удалось, но работа опубликована так никогда и не была. В полосе Млечного Пути прозрачные окна обнаружились. Одно из них, так называемое окно Бааде в Стрельце, позволило достигнуть района галактического центра.

В 1939 г. Хаббл берется за рассмотрение двух интересных проблем — определения масс и направления вращения галактик. Как и в случае двойных звезд, найти массы можно у пар близких галактик, движущихся вокруг общего центра тяжести. К тому времени лучевые скорости у ряда двойных галактик уже были измерены. Хаббл тщательно анализирует материалы Хьюмасона, но убеждается, что ошибки лучевых скоростей слишком велики. Удалось оценить лишь верхний предел — 1010 масс Солнца. Вместе с Хьюмасоном Хаббл начинает программу более точных измерений. Отчет Обсерватории за 1940—1941 гг. сообщает, что уже у 20 пар галактик стало возможным определить относительные движения, но и для тесных и для широких систем они были невелики. Это говорило о том, что средняя масса галактик не могла превышать 1010 масс Солнца.

Охладел ли Хаббл к теме или отложил работу на время — неизвестно, но упоминания о ней со страниц отчетов исчезают. Так ничего и не опубликовав, больше он к ней не возвратился.

Вероятнее всего, мысли Хаббла в это время уже были заняты грозными событиями, развернувшимися в Европе, и из намеченного он мог завершить лишь изучение направления вращения рукавов спиральных галактик.

Казалось бы, задача в принципе простая: достаточно для галактики, видимой почти с ребра, измерить лучевые скорости на ее концах и узнать, какой стороной она наклонена к наблюдателю. Проблема направления спиральных рукавов — отнюдь не частная, она связана с более общей проблемой — что такое спирали, как и почему они возникают. Естественно предположить, что рукава закручиваются, т. е. на удалении от вращающейся центральной части галактики они отстают. Однако, теория, которую уже с 1926 г. разрабатывал Линдблад, утверждала обратное: спиральные рукава лидируют, в их вращении предшествует вогнутая сторона. Указать на ориентацию галактики в пространстве могла полоса темного пылевого вещества, но такие галактики редки и на первых порах Хаббл нашел только три из тысячи. Затем их число удалось довести до 15. Выяснилось, что все они вращаются в одну сторону, т. е. либо закручиваются, либо раскручиваются. Выбрать же единственный вариант позволили ему всего четыре галактики. У них полоса поглощения удачно проектировалась на яркую центральную часть и тем самым определяла положение плоскости галактики относительно наблюдателя. Ответ был однозначным: рассмотренные спиральные галактики имеют закручивающиеся рукава. Отсюда можно было предположить, что это же свойственно всем галактикам вообще.

Впервые о своих результатах Хаббл вместе с Мейолом рассказали в Вашингтоне на годичном собрании Национальной академии наук в апреле 1941 г. Но прошло немало времени прежде, чем Хаббл подготовил подробную статью. Она поступила в «Астрофизикл джорнэл» в январе 1943 г., когда ее автор уже покинул обсерваторию. Судьба распорядилась так, что эта статья стала предпоследней научной, а не популярной или обзорной работой Хаббла. Впереди были годы войны, уже второй в его жизни.

Тридцатого января 1933 г. престарелый президент Германии Гинденбург поручил формирование правительства Адольфу Гитлеру, главарю «национал-социалистской немецкой рабочей партии». Подавление буржуазно-демократических свобод, кровавый террор, человеконенавистническая расовая теория, бредовые идеи мирового господства — вот с чем пришли к власти немецкие фашисты. Свободомыслящая, не желавшая примириться с гитлеровскими порядками интеллигенция загонялась в

концлагеря. Один за другим покидали страну те, кого нацисты еще не успели схватить. Перебирается за океан и Альберт Эйнштейн.

Тридцать третий год стал началом непосредственной подготовки новой мировой войны. Гитлер задумал практически осуществить свою программу, изложенную в книге «Майн кампф». В марте 1936 г. части немецкой армии оккупируют демилитаризованную Рейнскую зону, летом начинают помогать Франко в борьбе с Республиканской Испанией. Весной 1938 г. без единого выстрела аннексирована Австрия. Мюнхенский сговор с Англией и Францией развязал руки Германии для новых актов агрессии. Германия присоединяет к себе Судетскую область Чехословакии, а затем и вся страна перестает существовать как суверенное государство.

Европа стояла на пороге новой войны, которая с неизбежностью должна была вовлечь в свою орбиту десятки и сотни миллионов людей.

Вечером 31 августа 1939 г. группа эсэсовцев совершила провокацию на польско-германской границе, а 1 сентября, воспользовавшись состряпанным предлогом, Гитлер ввел немецкие войска в пределы Польши. Началась вторая мировая война. Третьего сентября Англия и Франция объявили войну Германии.

Свои молодые счастливые годы Хаббл провел в Англии. Он любил эту страну, здесь у него было много друзей, не раз он приезжал сюда из Америки. В одну из прогулок по холмам Сассекса, вспоминает подруга миссис Хаббл, он поднял с земли кусок кремня, подержал его в руках и сказал, что увезет с собой в Калифорнию и положит на письменный стол, как постоянное напоминание о Британии. Все, что происходило в Европе, что касалось Англии, ему было близко всегда и стало особенно близко теперь.

На западном фронте первые месяцы шла «странная война». Французские войска, английский экспедиционный корпус и германская армия стояли по обе стороны мощных укрепленных линий Мажино и Зигфрида, но на фронте царило спокойствие — боевых действий на суше не велось.

Неспокойно было лишь в Атлантике, где нацистские рейдеры и подводные лодки охотились за английскими кораблями, чтобы нарушить морские перевозки. Они еще сторонились американских судов, но уже в день объявления войны немецкая подводная лодка потопила британский лайнер, на котором плыли и американские граждане.

Но всерьез Англию тогда война еще не затронула. Жизнь шла

заведенным порядком. По-прежнему заседало Королевское астрономическое общество. Девятого февраля 1940 г. на собрании общества его президент профессор Пламмер объявил о присуждении Хабблу золотой медали — самого высокого знака отличия Общества. Обычно при церемонии награждения новый медалист произносит речь, рассказывая о своих работах. На этот раз возможностей для поездки Хаббла в Англию не было. Пламмеру пришлось самому говорить о заслугах награжденного, о том, что его замечательные работы продолжили достижения многих исследователей туманностей, среди которых было и немало англичан — отец и сын Гершели, лорд Росс, Исаак Роберте.

Обращаясь к представителю Американского посольства мистеру Шенфелду, президент торжественно произнес: «Эта медаль означает нашу высочайшую оценку личного труда, способствующего прогрессу науки, которой мы все себя посвятили. Я вручаю ее Вам и прошу передать ее Вашему выдающемуся соотечественнику — доктору Хабблу из обсерватории Маунт Вилсон. Вместе с ней шлем ему наши сердечные поздравления и нашу горячую надежду, что впереди у него еще долгая и плодотворная жизнь».

Весной 1940 г. гитлеровцы захватывают Данию и Норвегию. Десятого мая на рассвете на фронте от Северного моря до линии Мажино германские войска стремительно вторглись в нейтральные Нидерланды, Бельгию и Люксембург, а затем оттуда обрушились на Францию. Двадцать второго июня в Компьенском лесу, в том самом историческом вагоне, где заключалось перемирие в первую мировую войну, Франция подписала акт капитуляции.

С начала второй мировой войны правительство США заявило о своем нейтралитете. Но поражение Франции заставило по-новому взглянуть на положение в мире, увидеть угрозу и Соединенным Штатам. В день начала наступления гитлеровцев на съезде американских ученых прозвучали слова Ф. Рузвельта: «Сегодня, 10 мая 1940 г. еще три страны были захвачены вторгшимися иноземными войсками... Бельгия, Голландия, Люксембург.... Можем ли мы спокойна продолжать наше мирное строительство? Думаю, что нет... Если это окажется необходимым, вы и я вместе примем меры, чтоб защитить и оградить всеми имеющимися в нашем распоряжении средствами нашу науку, нашу культуру, нашу американскую свободу и нашу цивилизацию».

Хаббл с его аналитическим умом ученого прекрасно разбирался в международной жизни. Он очень рано понял, что

политика умиротворения агрессора не может привести ни к чему хорошему. И когда Германия совершила свой первый акт агрессии, Хаббл убежденно сказал: «Это мировая война и мы в нее вовлечены». Хаббл не был сторонником Рузвельта и его внутриполитического курса. «Что я точно знаю,— говорил Сендидж, — он был очень консервативен в вопросах политики. Он очень неодобрительно отзывался о либеральной политике Рузвельта, но это было совершенно обычно в тридцатые годы для людей его крута. Ему, как и многим консерваторам, казалось, что социальный порядок меняется». Судя по всему, не нравилась Хабблу и внешняя политика президента. Но то, что сказал Рузвельт в день вторжения немцев в Бельгию, Нидерланды и Люксембург, едва ли могло вызвать возражения Хаббла. Он не мог оставаться в стороне, спокойно продолжать заниматься наукой и возглавил Южнокалифорнийский объединенный комитет борьбы за свободу.

В октябре 1940 г. Хаббл публично выступил с призывом о немедленной помощи Великобритании. Немецкие войска стояли на берегу Ла-Манша. Гитлеровцы развернули массированную битву за господство в воздухе, а когда воздушное сражение выиграть не удалось, перенесли удары своей авиации на Лондон и другие города. В развалинах дымились кварталы почти родного Хабблу Оксфорда.

Хаббл умел говорить убедительно. Но сейчас он особенно хотел довести до сознания каждого мысль о критическом положении не только Англии, но и родины, не столь уж надежно отгороженной от врага океаном. Обращаясь к своим слушателям, он говорил: «Вы видите расширение тотальной войны в Европе. Вы видите, как малые нации, борющиеся за сохранение цивилизации, внезапно растоптаны железным каблуком. Вы видите разрушение Роттердама. Вы можете обратиться к первоисточнику и со страниц «Майн кампф» узнать, что реально означает Гитлер и гитлеризм. Вы можете обратиться к высказываниям Гитлера, чтобы узнать, что он готовит для нас».

Хабблу было ясно, что Америка еще не готова к войне, у нее нет достаточного числа самолетов, кораблей, оружия. Нужно и время, чтоб укрепить армию, а оно не ждет. «Есть единственный щит, чтоб прикрыть нас, пока мы подготовимся. Это вооруженные силы Британии»,— продолжал он. А потому требуется развитие военной промышленности, отказ от любого политического маневрирования, социальных реформ в стране, дисциплина и всемерная помощь Англии, ее народу. «Это тот народ, который защищает нас своею кровью, тяжким трудом, слезами и потом. Давайте же скажем друг другу: „Повсюду Англия помогает нам,

сейчас мы можем помочь Англии"»,— закончил Хаббл свою речь.

В ноябре гитлеровская авиация перенесла свои удары с городов на крупные промышленные центры и порты Англии. Развернулась ожесточенная война на море, потери английского флота неуклонно росли. Казалось, что к весне немцы осуществят свой план «Зеелёве» — «Морской лев», план вторжения на Британские острова, уже разработанный германскими штабами.

«...Представим себе, что Британия падет и падет скоро. Если бы такая катастрофа произошла, мы оглядывались бы друг на друга и спрашивали себя, как же мы использовали предоставленное нам время... Англия и Германия более половины своих производственных усилий отдают на войну. Это 4—5 часов каждый день. Наш вклад... составляет только час, если даже мы включим сюда помощь Британии. Мы упорствуем в иллюзии, что в нашей борьбе за безопасность можно иметь и пушки и масло. Когда на карту поставлено существование нашей демократии, мы рассуждаем так, как если бы социальные блага были главными.

Вот, господа, картина, как она вырисовывается сегодня. Объявление войны — это самый действенный способ решения проблемы и это уже давно пора сделать. Это дело, которое сделать нужно, и мы должны добиться этого».

Поражение Англии, как хорошо понимал Хаббл, привело бы к катастрофическим последствиям и для Соединенных Штатов. «Порабощенная нацистами Европа, даже если ограничиться областью западнее России и севернее Средиземного моря, по самой скромной оценке составила бы две трети Соединенных Штатов и имела бы население в 400 миллионов человек. Промышленный потенциал превысил бы наш». Тогда Германия могла бы контролировать моря, тогда можно было ожидать, что за ней пойдет ряд стран Американского континента и враг окажется на пороге Соединенных Штатов.

«Мы все желаем мира,— сказал Хаббл в заключение.— Но он должен быть миром с честью. Мир любой ценой — это религия рабов... Если есть урок, которому научила нас история, так это тот, что сильные люди могут решать свою собственную судьбу». Формулировки «мир любой ценой», «мир с честью» Хаббл продумал уже давно. Еще весной сорокового года Нобелевский лауреат, впоследствии руководитель атомного Манхеттенского проекта Артур Комптон от имени Американской ассоциации научных работников обратился к Хабблу с просьбой подписать призыв к миру. Хаббл твердо заявил, что не может подписать документ, где нет твердой позиции. Он писал: «Я полагаю, что ученый... способен лучше большинства людей ясно видеть смысл разных поступков и понимать исключительное значение

честности, терпимости и свободы. И я, следовательно, думаю, что он мог бы раньше всех понять важность борьбы за идеалы, когда им угрожает серьезная опасность.

Вероятно, сначала мы должны бороться за твердое возрождение этих идеалов у нашей собственной политической администрации. Если бы мы даже заставили мир уважать нашу национальную честность и открыто поддержали Англию в прошлом году, все же мало вероятно, чтоб эта поддержка могла предотвратить те самые войны, которые наша резолюция осуждает.

Наши идеалы, как мне представляется, должны соединять высокие принципы с мужеством и твердостью. Мир любой ценой — это религия рабов. Я не подпишу резолюцию, в которой можно усмотреть такую пораженческую позицию».

Весной 1941 г. в руках германских и итальянских фашистов оказались Балканы. Практически вся континентальная Европа, кроме нашей страны, была под сапогом Гитлера.

Двадцать второго июня началась Великая Отечественная война. На огромной территории от Черного моря до Северного Ледовитого океана наши войска, неся огромные потери, отступая на восток, сдерживали врага. Оборона Брестской крепости, Смоленское сражение, оборона Ленинграда, Одессы, Таллинна, Севастополя, грандиозная битва под Москвой — вот события, за ходом которых напряженно следил мир. Не удалось установить, что знал обо всем этом Хаббл. Но несомненно, война на Востоке не могла быть для него «неизвестной». Каждому было ясно, что Гитлеру противостоят лишь Советский Союз и Великобритания, что главные тяготы и решающая роль в войне против гитлеризма выпали на нашу страну.

В годовщину окончания первой мировой войны, 11 ноября Хаббл выступил перед американскими ветеранами. Он снова говорил о захватнических замыслах Гитлера, о том, что Америка должна, наконец, понять всю опасность происходящего для нее самой, что ее изоляционизму должен быть положен конец. Он снова призывал к немедленному объявлению войны гитлеровской Германии. Его аргументы не отличались новизной, но они были четкими и яркими. Вот несколько фраз из его речи: «Я не говорю вам, что нам нужно бороться на стороне Англии или России. Я говорю вам, что это наша война, что наша, так сказать, помощь Британии есть помощь самим себе и никогда не была ничем иным...

Мы знаем, что такое война. Наша нация родилась в войне, выросла в войне, отстояла себя в войне. Всякий раз, когда наше национальное существование окажется в опасности, мы должны и

мы будем воевать вновь. Если Американские экспедиционные силы необходимы для сокрушения нацизма, они должны быть посланы за рубеж. Нам не приходится выбирать, это — суровая необходимость».

Хаббл произнес свою речь всего лишь за шесть недель до трагедии Пёрл-Харбора. Двадцать шестого ноября 1941т. ночью, без огней, с выключенными радиопередатчиками авианосное соединение японского флота взяло курс на Гавайи. Утром 7 декабря первая волна японских самолетов поднялась в воздух и обрушила бомбовый удар на главную базу Тихоокеанского флота США в Пирл-Харборе. За ней последовала вторая.

Сейчас только своеобразный памятник над одним из американских кораблей, находящимся на дне бухты, напоминает о ночи, унесшей жизни почти двух с половиной тысяч американских моряков.

На следующий же день после выступления Ф. Д. Рузвельта перед обеими палатами, Конгресс Соединенных Штатов принял резолюцию об объявлении войны Японии. Война из Европы расширилась на огромные пространства Тихого океана и прилегающих территорий.

У Хаббла был свой кодекс гражданского долга. Он был последовательным в своих действиях и понимал, что одних патриотических речей уже недостаточно. Сразу же после Пирл-Харбора Хаббл сделал безуспешную попытку вступить в армию. Его, отставного майора, в пехоту не взяли. Совершенно неожиданно Хаббла пригласили в Управление армейской артиллерии и сообщили, что уже давно его наметили использовать в исследовательском центре на Абердинском полигоне в штате Мериленд.

В начала августа 1942 г. Хаббл покинул обсерваторию и отправился на восточное побережье страны. Огромный Абердинский полигон раскинулся на берегу Чезапикского залива. Это был основанный еще в Первую мировую войну главный центр военных исследований. Здесь же производились испытания артиллерии, танков и других видов вооружения.

Большие события в войне происходили летом и осенью 1942 г.: англо-американские союзники высадились в Северной Африке. Правда, это не был второй фронт, которого так ждали в Европе. В октябре Англия начала наступление под Эль-Аламейном. В Тихом океане у Соломоновых островов развернулось сражение между военно-морскими силами США и Японии. Но главные события происходили на советско-германском фронте. Тесня наши: части, гитлеровцы достигли Кавказского хребта. Одновременно шло наступление к Волге. Тяжелая угроза нависла над нашей страной.

Началась ожесточенная многомесячная Сталинградская битва. Мы не знаем, что думал Хаббл об этом сражении. Приведем лишь слова Президента Соединенных Штатов. В мае 1944 г., оценивая роль сражения на Волжском берегу, Ф. Д. Рузвельт в грамоте Сталинграду писал: «От имени народов Соединенных Штатов я вручаю эту грамоту городу Сталинграду, чтобы отметить наше восхищение его доблестными защитниками... Их славная победа остановила волну нашествия и стала поворотным пунктом войны союзных наций против сил агрессии».

Немало еще было кровопролитных сражений. Гибли советские, американские и английские солдаты, но коренной поворот в ходе войны уже наступил.

В 1946 г. в клубе Сансет (Заход Солнца) Хаббл вспоминал свою работу на Абердинском полигоне. «Центром Абердинского полигона была баллистическая исследовательская лаборатория, имевшая небольшой штат в мирное время и внезапно призванная выполнить огромный объем работы. Здесь были весьма компетентный офицер регулярной армии полковник Симон, выполняющий роль директора, и один выдающийся сотрудник Роберт Кент... Он столкнулся с армией скорее, как исследователь, а не администратор и, несмотря на препятствия, стал признанным лидером в стране...

Когда была осознана необходимость расширения работ, источника, откуда можно было черпать силы, не было. Единственно, что оставалось сделать,— это призвать научных работников других специальностей в надежде, что они смогут изучить новый предмет несколько быстрее, чем непрофессионалы. Симон и Кент потребовали пригласить научных работников с востока США, главным образом членов Национальной академии, и составили список возможных «жертв» по дням, когда они потребуются. Они рассказали мне, что мое имя было помещено в начале списка, поскольку баллистика имеет своеобразное родство с астрономией, а кроме того, как старший офицер в прошлой войне я мог бы понять смысл некоторых проблем с позиций „как перед пушками, так и за ними"».

Хаббл редко разлучался с женой и с берегов Атлантики в далекую Калифорнию, домой, идут письма одно за другим. Хаббл описывает, как он доехал до места новой службы, как устроился, как включился в работу. Через некоторое время миссис Хаббл перебралась к нему.

Началась война, а страна в области баллистики подготовлена не была. «Мы начинаем каждую войну, — говорил Хаббл,— с метательными снарядами, которые использовали в конце предыдущей. А в промежутке между ними, когда надо бы

сосредоточиться на исследованиях и развитии [дела], мы как раз и не можем об этом позаботиться. Я спрашивал генералов, почему это так, но они только ворчали: «ассигнования»... Во всяком случае, в армии по-видимому чувствовали, что они не могут обосновать исследования в мирное время и, конечно, на них не хватало времени в ходе войны».

Постепенно Хаббл все более осваивается с новым для него делом. «Мне все более нравится здесь,— пишет он жене в начале сентября. — Это не обитель гения, но здесь знают ответы на многие вопросы и знают, как получить ответы на другие».

Работа предстояла большая. Отдел Хаббла должен был отвечать- за создание таблиц стрельбы и бомбометания. Нужно было рассчитать таблицы для каждого вида орудия, каждого типа снарядов и бомб. Требовалось срочно обобщить основные данные о новых метательных снарядах, заниматься прицелами, приборами для контроля стрельбы.

С такой работой маленький отдел справиться бы не смог. Его пришлось расширить до размеров целого института. Многие годы Хабблу не приходилось руководить большими коллективами. На обсерватории рядом с ним работала полдюжина великолепных специалистов, управлять которыми не было нужды. Теперь ему пришлось вспомнить молодость, когда под командованием майора Хаббла состоял батальон.

Офицеры, добровольцы, вольнонаемные, девушки из вспомогательного армейского корпуса — 280 человек работали в отделе внешней баллистики. Сформировались теоретическое и лабораторные подразделения и подразделения, ведущие работу на самом полигоне.

Особенно выручали отдел девушки. Все они попали в корпус после окончания физико-математических колледжей, когда гражданских служащих, да еще с такой подготовкой, найти было очень трудно. Несколько десятков нужных армии и авиации таблиц выпускали они ежемесячно.

Неожиданно работа вычислителей оказалась связанной и с нашей страной. Второго июня 1944 г. на аэродромы Полтавского авиационного узла впервые приземлились бомбардировщики «Летающая крепость», с непривычными опознавательными знаками. Так начались челночные операции американской авиации. Самолеты поднимались с территорий, освобожденных американцами, бомбили крупные цели в Румынии и Венгрии — тогдашних союзниках Германии, а затем садились в нашей стране. Здесь, загрузившись советскими бомбами, они летели обратно и сбрасывали их на противника. Свыше тысячи «Летающих крепостей» приняли наши аэродромы, тысячи тонн

советских бомб обрушились на врага. Рассчитывали же таблицы бомбометания девушки из отдела Хаббла. «Настоящим подвигом было создание таблиц бомбометания для русских бомб, о которых не было никаких данных, кроме качественного описания. Эти таблицы использовались на наших бомбардировщиках, когда они ложились на обратный курс после приземления на русской территории», — рассказывал Хаббл.

Немало было работы у теоретиков, впервые занявшихся общей теорией полета снаряда под действием всех возможных сил — силы тяжести, сопротивления воздуха.

Лабораторные подразделения экспериментально изучали поведение малых моделей бомб и снарядов на стендовой установке и в сверхзвуковой аэродинамической трубе. Характеристики уже в полете проверялись на моделях в натуральную величину с фотографированием их в двух проекциях.

Напряженно работали сотрудники Хаббла и на полигоне. Требовалось фотографировать снаряд в воздухе, определять его координаты и фиксировать время. Особенно важно было изучить полет ракет, запускаемых с самолетов. Как ведет себя ракета, оторвавшаяся от самолета, и как летит после этого сам самолет — весь этот процесс снимался высокоскоростными камерами с отметками времени. Вот тут понадобились чисто астрономические приемы и одну из исследовательских групп возглавил сотрудник обсерватории Мак-Кормик астрометрист Дирк Рейл. Сейчас его именем назван кратер на Марсе. Под его руководством были развиты эффективные приемы измерения фотографий, служившие до тех пор, пока на смену не пришли радиолокация и другие современные методы.

Дни Хаббла были заполнены до предела. Он организовывал работу всех подразделений, конструировал баллистические приборы, буквально валился с ног от усталости, вышагивая многие мили по территории полигона. Для других дел времени и сил не оставалось. В 1942 и 1943 гг. в популярных журналах еще появляются статьи Хаббла о проблемах красного смещения, рассчитанные на широкую публику и близкие по содержанию. Нового в них ничего не было. В 1944 г. по научным вопросам Хаббл не написал ни строчки.

На обсерватории за многие тысячи километров от театров военных действий, война почувствовалась еще в 1940 г. Сотрудники, особенно специалисты по оптике, начали работать по оборонным проектам. После Пёрл-Хар-бора все большее их число отходит от чистой науки. Люди уезжали на военную работу, два молодых человека из операторской группы вступили

добровольцами в армию. Последний раз летом и осенью 1941 г. обсерватория принимала гостя из Европы — шведа Эрика Холмберга, да по линии Госдепартамента обсерваторию посетили два турецких офицера. Связи с европейскими астрономами постепенно слабели и, наконец, почти совсем прервались. Лишь несколько публикаций окольными путями достигли обсерватории из-за рубежа.

Война требовала все больших усилий. Кроме Хаббла обсерваторию покинули Ральф Уилсон — специалист по звездным движениям, спектроскописты — Уильям Кристи, Теодор Денхем, Олин Уилсон, Густав Стремберг и другие. Почти все оставшиеся тоже переключились на военную работу! Особенно трудной была предпоследняя военная зима. Сильнейший снегопад за всю историю обсерватории обрушился на нее в феврале 1944 г. За трое суток выпало 60 дюймов снега. Обсерватория на два с половиной месяца была блокирована и не хватало сил, чтоб расчистить горную дорогу. Долго не удавалось починить и силовую линию электропередачи.

Сорок лет с тех пор, как на вершине Маунт Вилсон появился первый телескоп, не отметили никак. Шестидесятидюймовый рефлектор стоял — наблюдать было некому. Работали лишь солнечные инструменты, да на большом рефлекторе продолжали трудиться Хьюмасон и Бааде. Хьюмасон получил лучевые скорости галактик и к концу войны их накопилось уже более четырех сотен. В первый же сезон после победы он довел их до круглого числа — полтысячи.

Вальтер Бааде родился в Германии, там же получил астрономическое образование, а в 1931 г. переехал в США и стал работать в отделе Хаббла. Лишь перед самой войной' он подумал об оформлении американского гражданства, подготовил необходимые документы, но однажды, при переезде из одного места в другое, потерял их и не побеспокоился о новых. Война застала его подданным вражеской страны. Грозило интернирование, но все же ему удалось получить разрешение оставаться на обсерватории. К оборонным работам Бааде привлекать не могли и он все время отдавал наблюдениям на 100-дюймовом рефлекторе. Непривычно в те годы выглядела по ночам долина Лос-Анджелеса. Опасались нападения японцев и повсюду в огромном городе и окрестных городках и поселках строго соблюдалась светомаскировка. Именно в эти темные ночи Бааде осуществил одно из своих главных исследований. Бааде обратился к туманности Андромеды. «К тому времени,— вспоминал он,— Хаббл покинул поле, которое он, .конечно, возделывал бы и дальше, если бы не увлекся красным смещением

и расширением Вселенной, его поглотили космологические проблемы». На одной из превосходных пластинок Бааде подметил, что в аморфной центральной части туманности, примыкавшей к спиральному звездному рукаву, впервые появились признаки разложения на звезды. С осени 1942 г. Бааде стал серьезно готовиться к попытке окончательно разложить на звезды центральную часть туманности Андромеды. Со .всевозможными предосторожностями в работе в августе и сентябре следующего 1943 г. Бааде разложил на отдельные звезды центр туманности Андромеды, а затем и ее спутники — галактики NGC 205 и M 32. А когда Мейол рассказал ему, что галактика NGG 185 к северу от туманности имеет близкую лучевую скорость и, вероятно, связана с нею, Бааде разрешил на звезды и этот объект. Разрешенной оказалась и соседка NGC 185 — галактика NGC 147. Все исследованные объекты содержали множество красных звезд, причем значительно более ярких, чем красные звезды в рассеянных скоплениях нашей Галактики. Бааде понял, что в других галактиках он нашел такое же звездное население, как и в шаровых скоплениях. Так родилась концепция двух типов населения — молодого, уже известного Хабблу, населения I и старого населения II.

Открытие было опубликовано в 1944 г. и как только сентябрьский номер «Астрофизикл джорнэл» через полгода с одним из северных конвоев союзников благополучно дошел до нашей страны, глава московской звездной астрономии Павел Петрович Паренаго сразу же понял значение сделанного и в первом после победы выпуске «Астрономического журнала» опубликовал полный перевод сообщения Бааде о главном достижении американской астрономии в годы войны.

Свое выдающееся открытие Бааде сделал в ночи с особенно спокойной атмосферой, когда звезды в окуляре телескопа казались буквально точками. Но и в худшие ночи Бааде не терял времени даром. Он начал систематическое фотографирование туманности Андромеды в надежде обнаружить эмиссионные газовые туманности — области HII, яркие в красной водородной линии. В свое время Хабблу эту задачу решить не удалось. «Здесь Хаббл явился жертвой того обстоятельства, что он мог тогда вести наблюдения лишь в синих лучах: в то время пластинок, сколько-нибудь чувствительных к красным лучам, еще не было», — заметил Бааде. На «красных» негативах Бааде туманность Андромеды оказалась буквально усыпанной газовыми облаками.

И еще в одной проблеме, интересовавшей Хаббла, Бааде удалось тогда добиться значительного успеха. Просматривая негативы туманности Андромеды, он открыл много новых, как

правило, более слабых шаровых скоплений, не отмеченных ранее Хабблом.

В свое время Хаббл был близок к успеху в разложении на звезды северного спутника туманности Андромеды—туманности NGC 205. В книге «Мир туманностей» он писал, что там «...очень слабые звезды гораздо многочисленнее, чем следовало бы ожидать для звезд одного фона. Некоторые из них возможно связаны с туманностью». В военные годы в этом и в южном спутнике туманности Андромеды М 32 Бааде нашел множество слабых переменных звезд. Больше четверти века прошло после его смерти, но об этих переменных никто ничего до сих пор не знает. Бааде не любил доводить свою работу до статей и даже о таких крупных его достижениях, как открытие облаков ионизованного газа и шаровых скоплений в туманности Андромеды, мы узнали из публикаций, написанных другими авторами, которые использовали его материалы.

Наступил 1945 год. Многое изменилось в мире к этому времени. Почти вся территория Советского Союза и большинство европейских стран освободились от вражеского гнета и война шагнула на землю гитлеровской Германии. Советский Союз и его союзники теперь обладали такой мощью, что полный разгром врага был уже не за горами. Под воздействием успехов Красной армии на западном фронте сложилась благоприятная обстановка и для наступления союзных войск. К концу марта войска США, Англии, Канады и Франции вышли на Рейн на всем его протяжении, а 25 апреля на Эльбе около Торгау встретились советские и американские солдаты.

Заключительная битва развернулась вокруг Берлина и в нем самом. «Большевизм истечет кровью под стенами германской империи... Берлин останется немецким»,— твердил Адольф Гитлер. Но остановить ход истории было уже нельзя. Рано утром 1 мая над рейхстагом поднялось красное знамя победы, а через сутки гарнизон Берлина капитулировал. Ночью 8 мая 1945 г. в зале военного инженерного училища в Карлсхорсте Маршал Советского Союза Г. К. Жуков, американский генерал К. Спаатс, маршал авиации Великобритании А. Теддер и французский генерал Ж.-М. Г. де Латтр де Тассиньи приняли безоговорочную капитуляцию всех вооруженных сил Германии на суше, на море и в воздухе.

Мы не знаем, как встретил Хаббл День Победы. Ничего не рассказывал он об этом Алану Сендиджу, своему самому молодому и последнему сотруднику. Не оставили воспоминаний и старшие коллеги Хаббла. Сохранилась лишь фотография, снятая 8 мая 1945 г., на которой Хаббл стоит около сверхзвуковой

установки Абердинского полигона.

Хаббл честно выполнил свой долг перед страной. Он мог быть удовлетворен и оценкой своих трудов — награждением в 1946 г. «Медалью за заслуги», учрежденной для гражданских лиц из США и стран-союзников за выдающийся вклад в военные усилия.

В наградном документе говорилось: «Доктору Эдвину Хабблу за его в высшей степени достойную награды службу в качестве главы отдела внешней баллистики баллистической исследовательской лаборатории, Абердин, Провинг Граунд, Мериленд. Своим руководством, неустанным трудом, умелым приложением познаний из других областей науки доктор Хаббл направлял многочисленные исследования по внешней баллистике, позволившие увеличить эффективную огневую, мощь бомб и снарядов.

Эта работа была осуществлена благодаря созданию им лично ряда устройств для использования во внешней баллистике, причем наиболее выдающимся достижением было создание быстродействующей кинокамеры, давшей возможность изучать в .полете характеристики бомб и снарядов при умеренных скоростях. Результаты этих исследований внесли крупный вклад в совершенствование конструкции, технических параметров и боевой эффективности бомб и ракет».

Это была высокая награда. Такую же медаль с золотым орланом — символом США — на фоне темно-синего кольца с белыми звездами получили в тот же год Энрико Ферми, Роберт Оппенгеймер, Гарольд Юри и другие физики, стремившиеся опередить Германию в создании атомного оружия.

Завершилась война и для солдат, и для тех, кто во имя победы работал на заводах и фабриках, в военных лабораториях, часто вдали от родных мест. Один за другим астрономы начали собираться на Маунт Вилсон. К декабрю 1945 г. возвратился на обсерваторию и Хаббл.

За годы работы на полигоне Хаббл узнал многое. Он увидел, сколь велика разрушительная сила современного, даже обычного, оружия, несравненно более страшного, чем в Первую мировую войну. Он и сам работал над тем, чтобы сделать оружие еще эффективнее. Война кончилась и настала пора задуматься о том, к чему может привести наращивание военной мощи. Этот драматический вопрос встал перед многими честными американскими учеными — и перед атомщиками, устрашившимися плодов своего труда, и перед Хабблом.

Хаббл вернулся домой с твердым убеждением, что в жизни человечества войне не должно быть места. Выступая в 1946 г. в Лос-Анджелесе с речью «Война, которая не должна случиться», он

говорил: «Недавно ученые в своих исследованиях проникли в неведомые области и здесь получили совершенно новые знания. Ныне, посредством технологии, эти знания используются так, чтоб превратить войну в самоубийство.

Последняя война закончилась реактивным движением, дальнобойными ракетами, управляемыми снарядами и атомными бомбами — разрушительным сочетанием. Обо всем этом вы слышали, а, кроме того вы несомненно слышали кое-что и о возможном использовании бактерий и радиоактивности.

Война с применением новых видов оружия превратит цивилизацию в руины. Если вы признаете эти положения и хотите выжить, вы вынуждены согласиться и с тем, что возможность войн должна быть полностью исключена... Сейчас наш мир стал таким маленьким, столь достижимыми стали все его уголки, что никакому народу нельзя сохранить свою безопасность в одиночку. Даже, если это против наших желаний, чтобы выжить, мы вынуждены сотрудничать друг с другом. Война или самоуничтожение — эти понятия мы должны считать синонимами...»

Трудно избавиться от впечатления, что эти слова говорились не в наши дни, когда еще более реальная угроза всему живому нависла над нашей планетой, а почти полстолетия назад, в самом начале атомной эры.

Но единственный путь спасения человечества виделся Хабблу в создании мирового правительства с мощными карательными силами. Обычно глубоко проницательный, он явно не представлял себе, насколько после войны изменится политическая карта мира и те планы сохранения безопасности, о которых на Западе говорил далеко не он один, окажутся для народов неприемлемыми.

Крушение надежд

На обсерватории Хаббл сразу же включился в работу. Нужно было прежде всего продолжать то, что прервала война — пересмотреть классификацию галактик. Хаббл вновь изучает сотни фотографий галактик, снятых за 30 лет на 60- и 100-дюймовых рефлекторах, ищет их общие черты, выявляет особенности каждого типа. Он задумал подготовить «Атлас галактик», чтобы наглядно представить в нем характерные образцы каждого подразделения своей классификации. Работу закончить ему не удалось. Сохранились лишь пометки на негативах и фрагменты рукописи. В 1961 г. Сендидж, знавший его замыслы, создает такой атлас. Он вошел в науку под названием «Хаббловского атласа галактик».

С особым вниманием присматривается Хаббл к галактикам, разрешимым на звезды. Его цель — найти и изучить звезды высокой светимости переменного и постоянного блеска, чтобы затем использовать их как индивидуальные индикаторы расстояния. В галактиках М 51 и М 101, за пределами Местной группы, обнаруживаются переменные, а в М81 Хаббл открывает новые звезды.

Примерно в 80 спиральных и неправильных галактиках Хаббл измеряет звездные величины ярчайших звезд. В скоплении Девы они имеют в среднем двадцатую величину. Хабблу удается подметить интересное свойство населения галактик. Оказывается, светимости самых ярких звезд растут с увеличением светимости родительских галактик. Это значит, что при использовании таких звезд как индикаторов расстояния, нельзя всегда считать их одинаковыми и вместе с тем, зная разность их блеска и блеска галактик, можно и нужно вносить соответствующие поправки.

Каждый год приносит Хабблу открытия сверхновых. Сначала сверхновые в галактиках NGG 3977 и NGG 4632. Затем в марте 1947 г. он открывает сверхновую в NGC 3177. Для нее Бааде строит кривую блеска, а Хьюмасон изучает спектр. Весной 1948 г. Хаббл находит еще одну сверхновую в галактике NGG 4699.

Открыть четыре сверхновые за два года — прекрасный результат, особенно, когда их поиск специально не велся. Но Хаббл не опубликовал о них ни слова. Сверхновые упоминались только в отчетах обсерватории, а оттуда известия о них перекочевывали в сводные каталоги.

Нельзя думать, что сверхновыми Хаббл совсем не интересовался. Еще в 1922 г. вместе с Лундмарком он исследует

замечательную сверхновую Z Центавра в галактике NGG 52531. Правда, тогда глубокие различия между обычной новой и сверхновой еще не были известны и авторы работы именовали ее просто новой. Звезда вспыхнула уже давно, в 1895 г., и Хаббл и Лундмарк собирают данные и строят ее кривую блеска. Z Центавра была самой яркой сверхновой после знаменитой сверхновой 1885 г. в туманности Андромеды, она достигала седьмой звездной величины (а сейчас мы бы добавили — и после сверхновой 1987 г. в Большом Магеллановом Облаке) и светила в сотню раз ярче своей родительской галактики, состоящей из сотен миллионов звезд. Правда, галактика NGG 5253 отнюдь не принадлежит к сколько-нибудь крупным.

На снимках 100-дюймового телескопа Хаббл и Лундмарк обнаружили возле места сверхновой слабую звездочку. Но принимать ее за ослабевшую сверхновую не следовало. Тогда бы получалось, что ее собственное движение слишком велико. Отсюда следовало, что на месте сверхновой никакого объекта уже не видно и диапазон изменения ее блеска превышает $13{,}5^{m}$.

В 1923 г. Хаббл просмотрел снимки известной галактики M87, в которой в 1919 г. пулковский астроном И. А. Балановский открыл сверхновую. Год спустя после вспышки ее можно было видеть на маунтвилсоновских негативах и только еще через год она стала слабее предела. Наблюдения Хаббла вновь показали, что амплитуда сверхновых во всяком случае больше 10 звездных величин. В статье о звезде Балановского Хаббл сделал два любопытных замечания и о самой галактике. М 87., Еще в 1918 г. Кертис писал, что из ядра галактики выходит некий прямой луч, Хаббл же, по-видимому, первый заметил, что он состоит из пяти звездообразных конденсаций. Это знаменитый джет — выброс, природу которого в 1955 г. разгадал И. С. Шкловский. Другой особенностью было множество объектов примерно 20 звездной величины, окружающих М 87. Хаббл открыл шаровые скопления в далекой галактике и сделал это почти на десятилетие раньше, чем в соседней туманности Андромеды. Но сам он тогда ошибочно думал, что это все-таки не скопления, а звезды.

В 1928 г. Хаббл организует систематические поиски сверхновых в скоплении галактик в созвездии Девы, где за 17 лет Вольф уже нашел пять сверхновых. Хаббл, а затем и Бааде стали наблюдать на 10-дюймовой камере, позволявшей на одной пластинке сфотографировать все скопление. К наблюдениям присоединился Гленн Мур и через семь лет вместе с Хабблом они обнаружили первую сверхновую в галактике NGC 4273. Звезда была только на две величины слабее самой галактики. Впервые удалось получить и ее спектр. Сверхновая в NGC 4273 —

единственный случай, когда Хаббл опубликовал сообщение о своем открытии.

В 1938 г., сравнивая старые негативы Дункана со снятыми недавно, Хаббл открывает еще две сверхновые в галактиках NGG 4038 и NGG 3184.

По-видимому, он продолжал, интересоваться сверхновыми и дальше и в марте 1941 г. читает публичную лекцию об этих замечательных объектах, но активно работать в этой области он перестает. За поиски сверхновых энергично берется Цвикки, сотрудник Калифорнийского технологического института. Сначала он безуспешно пробует это делать с очень малой (всего лишь 4-дюймовой) камерой, а с 1936 г. продолжает поиски с 18-дюймовым телескопом Шмидта на Маунт Вилсон. Через год он обнаруживает свою первую сверхновую, а уже к 1940 г. их становится семнадцать. И это было только началом многих открытий, сделанных Цвикки и его помощниками в последующие годы.

В 1946 г. на обсерватории произошли большие перемены. Покинул свой директорский пост Адаме, возглавлявший обсерваторию более двадцати лет. Его место занял Аира Боуэн, профессор Калифорнийского технологического института, не астроном-наблюдатель, а скорее физик, прилагавший свои познания в спектроскопии к изучению газовых туманностей.

Смена руководства всегда непростой процесс, особенно в маленьком коллективе. Как-то сложатся отношения людей, какие новые веяния принесет с собой новый руководитель...

Первый мирный год принес важные и радостные новости. Калифорнийский технологический институт и институт Карнеги пришли к согласию о необходимости объединить обсерватории Маунт Вилсон и Маунт Паломар. Возобновилась работа по сооружению 200-дюймового телескопа, прерванная в годы войны. Вскоре должна была войти в строй и 48-дюймовая камера Шмидта. С 1 апреля 1948 г. деятельность объединенной обсерватории во главе с Боуэном началась. Создавалась беспрецедентная в истории астрономии концентрация крупнейших инструментов в одном месте и в руках самых выдающихся исследователей, таких, как Бааде, Хьюмасон, Цвикки, Мияковский, работавших в отделе Хаббла, и других.

Хаббла уже давно волновала проблема, кто и как должен определять развитие науки, особенно науки фундаментальной, «чистой». Еще в конце войны он направил письмо со своими размышлениями Ваневару Бушу, тогдашнему руководителю института Карнеги. Видно, институт недостаточно представлял себе научное лицо обсерватории, а стиль руководства и в самой

обсерватории становился все более административным, и это беспокоило Хаббла. Сомнительная компетентность чиновников, стремящихся по своим меркам управлять наукой, раздражала Хаббла. С досадой писал он Бушу: «Администратор представляет обсерваторию перед институтом и обществом, тогда как астрономы вынуждены довольствоваться только личным удовлетворением от своей работы и признанием своих коллег». Вот что думал Хаббл о руководстве астрономической обсерваторией: «Широкое планирование исследований должно быть отдано в руки комитета ведущих астрономов, возглавляемого председателем или лидером, имеющим глубокую и обширную подготовку, знания и проницательность в области астрономии. Если говорить об исследованиях, то научный состав перед лицом Института и перед миром науки должен представлять председатель...

Исследовательскому комитету должна помогать небольшая группа консультантов из сопредельных областей знаний. Такие люди были бы бесценны, указывая новые виды оборудования, техники и метода интерпретации данных, полностью информируя астрономические исследовательские группы о развитии и достижениях физики, теоретической физики и математической теории, имеющих отношение к проблемам астрономии».

Свое письмо Бушу Хаббл заканчивал словами: «Если говорить о чистой науке, мой вывод таков: администрация должна помогать исследованиям, а не направлять их. Направление исследований в рамках тематики обсерватории (именно тех разделов астрономии, которыми следует заниматься с помощью больших телескопов) должно быть оставлено лидерам в данной области науки. С другой стороны, лидеров нужно освободить практически от всех дел, не имеющих прямого отношения к исследованиям и исследовательским программам. Я глубоко убежден, что лидер в науке плюс административный работник — вот правильное решение проблемы, и я уверен, что единодушное мнение ведущих астрономов страны поддержит эту точку зрения».

Меньше чиновничьей опеки, больше доверия компетентным специалистам, лучше всех знающим в каком направлении и как вести поисковые работы — с этим согласятся все ученые и сейчас.

Сыграло ли письмо Хаббла какую-либо роль судить трудно, но сразу же после объединения двух обсерваторий создается комитет для разработки долговременной программы исследований. Это была важная задача. На 200-дюймовом телескопе можно ставить самые разнообразные исследования, но нельзя было разменяться на мелочи, жизнь требовала определить

основную задачу, которую с другими инструментами решить невозможно — познание общего устройства мира. От обсерватории в комитет вошли Бааде, Мерилл, Никольсон, от Калифорнийского технологического института — Толмен и Оппенгеймер, покинувший пост директора атомного центра в Лос-Аламосе. Возглавил комитет Хаббл.

Но не только заботы о будущем астрономии захватили Хаббла в эти годы. Требовалось разрабатывать рекомендации по управлению бюджетом и другими финансовыми делами, объединению различных вспомогательных служб на Маунт Вилсон и Маунт Паломар, думать о программах обучения астрономов в Калифорнийском институте. Всеми этими хлопотливыми делами пришлось много заниматься и Хабблу, вошедшему в объединенный комитет по вопросам управления вместе с двумя другими представителями обсерватории — ее нынешним и прежним директорами.

Астрономы США, а вместе с ними и все астрономическое сообщество мира с нетерпением ожидали начала нового этапа в истории своей науки — вступления в строй гигантского 200-дюймового рефлектора. Вероятно, больше всех ждал этого события Хаббл.

К концу 40-х годов Хаббл несомненно был ведущей фигурой в мировой астрономии. Великие открытия, сделанные им на 100-дюймовом рефлекторе, получили всеобщее признание. Уже при жизни он стал подлинным классиком науки. К многочисленным довоенным научным почестям добавляются новые. В Англии его избирают почетным членом Колледжа королевы, он — член-корреспондент Французского института, почетный член Академии наук в Вене. Калифорнийский университет, вспомнив о его юридическом образовании, присуждает почетную степень доктора права.

Но членом нашей Академии наук Хаббл не был. Может быть в довоенные годы кого-то пугали следствия красного смещения. Но и без этого астрономам у нас не везло. В 1924 г., когда в Академию избрали немца Макса Вольфа и американцев Хейла и Кемпбелла, Хаббл только начинал свой славный путь. А затем наступил глухой перерыв и только в 1958 г. членом Академии стал физик и астроном швед Альвен.

Имя Хаббла становится известным не только ученым, но и широкой публике. В 1948 г. его портрет появляется на обложке массового журнала «Тайм». Среди тех, кого журнал так представлял своим читателям, Хаббл был первым астрономом. Лишь потом, уж много лет спустя, печатаются портреты Маартена Шмидта и Карла Сагана.

Вместе с другими американскими учеными Хаббл выступает в цикле лекций по радио. Он рассказывает слушателям о том, как человечество последовательно открыло для себя мир вне Земли: сначала Солнечную систему, затем мир звезд и, наконец, пространство за пределами нашей Галактики с несчетным множеством таких же огромных звездных систем. Особое внимание слушателей Хаббл обращает на две основные черты исследованной части Вселенной; однородность в среднем распределения галактик в пространстве, несмотря на их группировки и даже огромные скопления, и твердо установленный факт красного смещения, возможно, указывающего на расширение Вселенной.

Выступления Хаббла, Боуэна, Шепли, Рессела вошли в сборник «Ученые говорят». Главная мысль всех этих выступлений была единой: нужно и дальше развивать исследования Вселенной. И надежда на успех во многом связывалась ими с 200-дюймовым телескопом, строительство которого завершилось.

В апреле 1947 г. Хаббл читает в Пасадене публичную Моррисоновскую лекцию «200-дюймовый телескоп и некоторые проблемы, которые он может решать». Таких проблем немало, но Хаббл останавливается на трех. Не только широкой публике, но и астрономам хотелось бы получить ответ на вопрос существуют ли на Марсе тонкие загадочные каналы. Новый телескоп поможет решить эту задачу. Как миллион человеческих глаз соберет он свет и фотографировать Марс станет возможно с очень короткими экспозициями. А тогда среди множества негативов удастся отобрать самые удачные, сделанные при особом спокойствии атмосферы.

Очень важно для науки — получение детальных спектров небесных тел и изучение их химического состава. Здесь также телескоп-гигант должен сказать новое слово.

Но основное предназначение нового инструмента — решение задачи космологии. Хабблу удалось установить, что до границ, доступных 100-дюймовому рефлектору, красное смещение пропорционально расстоянию. Но нужно было идти вперед — проверить сохраняется ли зависимость и на больших расстояниях, продолжает ли пространство и дальше оставаться равномерно заполненным галактиками. Красное смещение приводит к ослаблению видимого блеска галактик. Но когда скорости составляют не более одной десятой скорости света, то и ослабление не превышает 10%. Гигантский рефлектор позволит вдвое расширить изучаемую область Вселенной и для самых далеких галактик ожидаемый эффект достигнет уже 40—50% и станет легко наблюдаемым.

«Мы можем с уверенностью предсказать, что 200-дюймовик ответит нам, следует ли красное смещение считать свидетельством в пользу быстро расширяющейся Вселенной или оно обязано некоему новому принципу природы. Каким бы ответ ни был, результаты следует приветствовать как еще один важный вклад в исследование Вселенной»,— отмечал Хаббл.

У широкой публики могло даже создаться впечатление, что новый телескоп предназначен исключительно для решения космологической проблемы. Это вызывало ревнивое чувство у других сотрудников обсерватории. Однажды специалисты по спектроскопии собрали пресс-конференцию, чтобы рассказать о своих работах. Хабблу о встрече не сообщили и он узнал о ней от знакомого репортера. Неожиданно для собравшихся он явился в библиотеку, где журналисты терпеливо слушали об очень важных, но далеко не увлекательных спектральных работах. Попросили сказать несколько слов и Хаббла. И он так рассказал о происхождении Вселенной, о выдающейся роли спектральных исследований Хьюмасона, что все остальное было забыто и только это и попало на страницы газет и журналов.

Хаббл был полон надежд. Еще год-другой и он примется за решение грандиозной задачи. Не без оснований Хаббл считал, что после смерти Хейла он становится фактическим хозяином нового телескопа. Но все сложилось совсем по-иному.

В начале 70-х годов Американский физический институт предпринял интереснейшее дело — было решено записать на ленту воспоминания множества ученых. Далеко не все остается в документах и часто важные решения формулируются при неофициальных встречах, когда ученые свободно обмениваются мнениями. Здесь вырабатывается стратегия поиска, кто-то со своими идеями выдвигается вперед, кто-то уходит на второй план, здесь выявляются истинные пружины событий в науке, неизвестные за пределами узкого круга участников таких непринужденных встреч.

Историки науки записали интервью с сотней американских астрономов. Если их изложить на бумаге, получится несколько томов интереснейших воспоминаний общим объемом в 10 000 страниц. Часть материалов пока остается закрытой, еще не пришло время, чтобы все сказанное стало достоянием гласности. Но большинство записей уже доступно историкам. Кое-что прояснилось и о последних годах жизни Хаббла.

В один из тихих дней 1948 г. в частном доме в Пасадене собрались Хаббл, Бааде, Боуэн, Толмен и еще несколько человек. Темой беседы был порядок работы 200-дюймового телескопа. Хаббл рассчитывал, что ему достанется львиная доля

наблюдательного времени и в безлунные ночи он сможет определять звездные величины слабых галактик и делать их подсчеты, как намечали они с Толменом еще до войны. Но другие участники встречи твердо стояли на своем: план Хаббла в задуманном им виде не может дать ничего существенного в решении проблемы расширения Вселенной. Осторожно, стремясь не причинить боль, но в то же время решительно, они заявили Хабблу, что его план следует отвергнуть. С достоинством, внешне спокойно выслушал он своих коллег, как джентльмен, каким он и был в жизни. Но, вероятно, с ужасом он понял, что всем его надеждам пришел конец. Это не было трагедией в масштабах науки — никто не ставил под сомнение важность проблемы расширения Вселенной, расходились лишь в способах ее решения. Но это было огромной личной драмой человека, посвятившего ей двадцать лет жизни.

Никаких протоколов на встрече не составлялось и все случившееся могло бы так и остаться неизвестным. Кроме одного, уже все участники беседы ушли из жизни, ни словом не обмолвившись о том, как принималось важнейшее решение о путях современной астрономии. Лишь Мартин Шварцшильд, самый молодой среди тех, кто выступил против Хаббла, много лет спустя рассказал историкам, как все происходило.

Между тем работа по установке телескопа приближалась к концу. Во второй половине ноября 1947 г. зеркало из Пасадены перевезли в башню. Двадцать первого декабря впервые астрономы заглянули в окуляр 200-дюймового телескопа.

Еще через полгода состоялось официальное открытие инструмента. Торжества начались 1 июня 1948 г., когда приглашенные на церемонию собрались вместе в башне нового телескопа, превращенной в зал заседаний. Сначала рассказывалось об устройстве телескопа, его оптики и механики. Затем Вальтер Бааде говорил о программе работ нового гиганта: «...После первого крупного наступления на проблему строения Вселенной, которое началось Хабблом в 1925 г. и в течение последующих 20 лет продолжалось им в направлении космологической проблемы, мы ясно видим, где теперь находимся и куда должны идти дальше. Мы должны укрепить и расширить базу, на которой должна покоиться будущая структура внегалактических исследований». Это означало, что многое нужно начинать сначала: вести фотоэлектрическое расширение шкалы звездных величин предельно слабых звезд в ряде площадок неба и тем самым сделать ее надежной, продолжить поиск ярких звезд и особенно цефеид в далеких галактиках и по ним определять расстояния до 10 миллионов световых лет. И

только потом, уже на прочной основе, вернуться к определению постоянной Хаббла. Немалые задачи выпадали и на долю галактической астрономии: следовало уточнить нуль-пункт зависимости период — светимость для цефеид. Для этого Бааде предложил изучать шаровые скопления нашей Галактики. С крупными телескопами в них можно дойти до слабых звезд-карликов, светимость которых хорошо известна по таким же объектам в окрестности Солнца. Тогда можно уверенно определить и светимости цефеид в скоплениях. Более того станут известными также светимости других членов скоплений — переменных типа RR Лиры. Их Бааде надеялся обнаружить и в туманности Андромеды с паломарским инструментом. По ним можно еще раз проверить светимость цефеид. Вот тогда в руках астрономов окажется действительно надежный космический метр.

Второго июня руководители института Карнеги, Калифорнийского технологического института и Рокфеллеровского фонда посетили Маунт Вилсон, чтоб осмотреть заслуженный, но уже уступающий первенство, 100-дюймовик. Но поглядеть в телескоп не удалось — пришла облачность и стал накрапывать дождь.

В следующий вечер в фокусе уже нового телескопа знатные гости рассматривали Сатурн, знаменитое шаровое звездное скопление М3 и скопление галактик в Северной Короне. И Сатурн и шаровые скопления были тотчас же забыты, как только гости осознали, что свет от видимых ими в окуляр галактик, которых до сих пор удавалось только фотографировать, идет к нам 120 миллионов лет.

Кульминацией всей церемонии был день 3 июня. Открывая ее президент Калифорнийского института Дю Бридж торжественно произнес: «Десятого мая 1948 г. совет попечителей Калифорнийского технологического института единодушно принял следующее решение, которое я объявляю здесь впервые: „Совет попечителей Калифорнийского технологического института постановляет, что отныне 200-дюймовый телескоп Паломарской обсерватории будет называться телескопом Хейла"».

На открытии телескопа Хаббл не выступал. Списки присутствовавших, а их было 800 человек, никогда не публиковались и мы не знаем был ли он там вообще.

Торжества кончились и вскоре обнаружились недостатки главного зеркала. Его пришлось снять, смыть алюминиевое покрытие и вновь заняться полировкой. Только осенью зеркало признали удовлетворительным. Близились астрономические испытания телескопа.

Наступил 1949 год. После томительного, более чем недельного, ожидания погода улучшилась и вечером 26 января Хаббл навел телескоп на известную кометообразную туманность NGC 2261 с переменной звездой R Единорога, ту самую туманность, которой он занимался на заре своей астрономической жизни. Пятнадцать минут длилась первая экспозиция на новом инструменте и на краю проявленной пластинки был проставлен номер РН — 1 — Н: Паломар, телескоп Хейла, негатив № 1, наблюдатель Хаббл.

На следующую ночь атмосфера стала спокойнее и можно было проверить проницающую силу телескопа. Хаббл снял Каптейновскую площадку № 57. Здесь на небольшом участке неба был один из самых надежных тогда фотометрических стандартов — группа звезд, измеренных до 21-й звездной величины. Хотя зеркало еще требовало ретуши края, а алюминиевое покрытие запылилось, результат превзошел самые оптимистические надежды. За каких-то 5—6 минут новый телескоп давал такой же результат, как и его маунтвилсоновский предшественник. Из этого следовало, что при темном небе и совсем спокойной атмосфере за час можно сфотографировать звезды на полторы величины, т. е. вчетверо слабее, чем раньше.

Поражало и то, что на пластинке 200-дюймовика галактик оказывалось заметно больше, чем звезд. Как и ожидалось, самые слабые из них находились вдвое дальше расстояния, достижимого с 100-дюймовым телескопом. Открывалось широкое поле для проникновения в глубины пространства.

Замечательными оказались и снимки отдельных галактик: М 87, NGG 5204 и NGG 3359. Первая из них -огромная эллиптическая галактика, окруженная «атмосферой», как тогда думалось сверхгигантских звезд, а на самом деле шаровых скоплений. На снимках 100-дюймового инструмента они лишь угадывались, а здесь бросались в глаза с первого взгляда.

Снимок поздней спирали в Большой Медведице NGG 5204 обнаружил в ней немало ярких звезд, которые можно было бы изучать индивидуально.

Интереснейшей со многими подробностями выглядела на негативе и поздняя пересеченная спираль NGG 3359.

«Первые фотографии с 200-дюймовым Хейловским телескопом», — так назвал Хаббл отчет об астрономическом испытании нового инструмента в специальной литературе. А в научно-популярном журнале «Сайентифик Американ» его статья называлась по существу вернее «Пять исторических фотографий...»

За три месяца на новом телескопе было получено уже около

60 негативов, а к июлю следующего года число прямых снимков перевалило за полтысячи.

В начале 1949 г. вступила в строй и 48-дюймовая камера Шмидта. Теперь 200-дюймовый телескоп с очень малым полем зрения — в доли лунного диска,— дополнился инструментом, позволявшим фотографировать большие участки неба. Создалась мощная комбинация для разведки и изучения дальнего космоса. На новой камере ведут работу Хаббл, Бааде и Цвикки. Вместе с Сендиджем, молодым сотрудником Обсерватории, Хаббл на нескольких пластинках изучает распределение далеких слабых галактик.

В июле Хаббл уехал в Колорадо. Он любил отдых на природе, но особенной его страстью была рыбная ловля. Сохранилась прекрасная фотография — довольный Хаббл в штормовке, высоких сапогах, с удочкой в руках.

Внезапно тяжелый инфаркт свалил могучего человека. Недуг вывел Хаббла из строя на многие месяцы. Лишь постепенно его здоровье начало улучшаться. Двадцать третьего октября Олдос Хаксли писал своему сыну Мэтью: «Вчера мы виделись с Хабблами. Эдвин достаточно оправился, чтобы ненадолго бывать в своем офисе и проходить пешком милю или около того. Втайне он надеется, что ему позволят подниматься на Паломар как только зеркало будет на месте после переполировки и нового серебрения, продолжающихся несколько последних месяцев».

В начале декабря Олдос сообщает своему брату Джулиану о Хаббле: «Он едва выжил и только сейчас начинает становиться на ноги. Сможет ли он ездить наблюдать на большую высоту, остается неясным. Будет огромным ударом для него, если ему не удастся использовать двухсотдюймовый телескоп, который наконец-то в прекрасном рабочем состоянии. Башня неотапливаемая, температура на высоте в шесть тысяч футов часто арктическая, очень сильно клонит ко сну. Возможно, теперь его двадцатилетняя мечта осуществится, но бедному Эдвину не будет дано проявить себя при новых благоприятных возможностях».

К рождеству здоровье Хаббла улучшилось еще, и вместе с совершенно измученной заботами женой он первый раз решился выехать из Пасадены и провести праздник с семьей Хаксли.

Хабблу все же удалось поработать на новом телескопе. «До инфаркта он успел провести на 5-метровом телескопе всего лишь три сеанса наблюдений и очень хотел работать,— вспоминает Сендидж — Миссис Хаббл была просто в отчаянии, что он стремился на Паломар, и она ездила туда вместе с ним. Казалось, что его здоровье очень хорошее. Я не мог заметить разницы,

каким он был до инфаркта и после него. Потом он работал еще, но не очень много наблюдал на Паломаре. У него было всего 2—3 сеанса после болезни... Он несколько снизил активность, но я думаю, что это было по настоянию жены».

Письма Хаксли конца 1949 г. позволяют нам узнать, что еще, кроме болезни и надежд на продолжение работы, волновало тогда Хаббла. Оказалось, это было связано с нашей страной. Трудные времена переживала тогда отечественная наука. В 1948 г. состоялась печально знаменитая сессия ВАСХНИЛ, где Т.Д. Лысенко разгромил советскую биологию. Шли и другие дискуссии, в которых, прикрываясь псевдофилософской и псевдопатриотической фразеологией, мракобесы расправлялись с подлинными учеными. Обо всем этом Хаббл знал, как знали и все, окружающие его.

Вероятно, наша астрономия не была ему близка. За всю свою жизнь Хаббл только дважды сослался на советских авторов — на Б. П. Герасимовича и И. А. Балановского. Хотя бы по одной причине это естественно: он работал в такой области, где состязаться с ним мы не могли. Но Хаббл опасался, как бы гонения, начавшиеся в других науках, не затронули и советских астрономов.

В это время Джулиан Хаксли выпустил книгу о лысенковщине. Олдос Хаксли писал своему брату: «Я прочел твою книгу о Лысенко с огромным интересом. Что за мрачная картина! И, по-видимому, тенденция генетикой не ограничится. Эдвин Хаббл сказал мне, что сейчас имеется партийная установка в астрономии: одна теория происхождения Солнечной системы ортодоксальна, а все остальные нет». В другом письме, сыну, Олдос Хаксли привел слова Хаббла о тех, кто такой ортодоксальной теории не придерживается: «Несомненно, вскоре они разделят судьбу буржуазно-идеалистических менделистов-морганистов в генетике».

На фоне того, что делалось тогда с нашей литературой, искусством, биологией и другими науками положение в астрономии также было тревожным. Уже давно энергичные околонаучные деятели поучали специалистов, где в астрономии материализм и где идеализм. В 1947 г. на совещании по вопросам философии среди прочего А. А. Жданов обрушился на тех, кого интересовали проблемы мира в целом: «...Многие последователи Эйнштейна, перенося результаты исследования законов движения конечной ограниченной области Вселенной на бесконечную Вселенную, договариваются до конечности мира, до ограниченности его во времени и пространстве. А астроном Милн, — иронизировал он,— даже «подсчитал», что мир создан 2

миллиарда лет тому назад». В устах всесильного «знатока» наук и искусств это прозвучало грозным предупреждением. В те годы, вторя ему, многие стали усердно клеймить западных ученых за «измышления», «идеализм и верхоглядство», за «деградацию теоретической мысли под влиянием идеализма». Назывались имена Эддингтона, Хойла и других. Хаббла среди них не было, вероятно, потому, что спорить с наблюдениями трудно, а общими проблемами он не занимался, хотя именно ему принадлежало открытие закона красного смещения.

Прошли месяцы и Хаббл смог вернуться к главному делу своей жизни.

Началось выполнение программы, намеченной для 200-дюймового рефлектора. По 13 пластинкам, полученным за первые четыре месяца, Хаббл и Хьюмасон находят в галактике М 81 семь новых звезд. Зимой и весной 1950—1951 гг. погода стояла особенно плохая и наблюдений было мало. И все же, используя собственные негативы и негативы Хьюмасона, Бааде и Минковского, Хаббл обнаружил в галактиках NGC 2403, М 81 и М 101 десяток неправильных переменных и значительное число цефеид. На первом же снимке М 101 этого сезона — 3 февраля 1951 г.— была отмечена яркая звезда, вероятно, сверхновая. На следующий год в группе галактик М 81 астрономы Маунт Паломар находят 20 новых и 25 переменных. По одной новой открывают Хьюмасон, Баум и Сендидж, а остальные новые и переменные — Хаббл. Среди переменных определенно оказалась дюжина цефеид. Теперь оставалось ждать создания, слабых фотометрических стандартов, чтобы построить их кривые блеска. Первые новые и переменные Хаббл отмечает и в галактиках скопления Большой Медведицы и Девы. Важная часть общей космологической программы 200-дюймового телескопа — поиск таких индикаторов расстояний, как новые и переменные звезды в далеких галактиках — под руководством Хаббла выполнялась успешно.

Прошло четыре года с начала регулярной работы нового телескопа, и многое в космологической проблеме уже удалось сделать.

Хьюмасон получал спектры все более далеких и слабых галактик. Самое большое измеренное красное смещение уже достигло 60 940 км/с. По оценке Хаббла скопления, к которым принадлежали исследованные галактики, удалены от нас на 300—360 млн. световых лет. Опираясь на еще неопубликованные фотометрические данные Уитфорда, Хаббл убеждается в том, что в пределах достигнутой точности закон красного смещения по-прежнему оставался линейным и для таких огромных значений

лучевых скоростей и расстояний.

И хотя работа еще продолжалась, оказалось, что пара южных скоплений галактик, в противоположной стороне неба от уже изученных, также следовала установленному закону красного смещения. Значит, величина красного смещения не зависела от направления. Скопления мало уклонялись от уже установленной зависимости между лучевыми скоростями и звездными величинами галактик. Отсюда следовало, что пространство между скоплениями достаточно пусто, там нет пыли, которая могла бы ослабить свет далеких объектов.

В 1950—1951 гг. Хаббл и Сендидж взялись за исследование ярких переменных звезд в ближайших галактиках — туманности Андромеды и туманности Треугольника. Уже четверть века назад Хаббл обратил на них внимание, а сейчас появилась возможность проследить, как меняется их блеск за длительное время. Теперь мы знаем, что это самые массивные звезды, которые должны особенно быстро эволюционировать, превращая в своих недрах водород в гелий. Вместе с другими ярчайшими объектами — шаровыми скоплениями, новыми звездами, постоянными звездами высокой светимости — они могли бы также служить хорошими индикаторами расстояния далеких галактик. Оставалось лишь по близким галактикам с исследованными цефеидами установить их светимости.

К двум таким переменным в туманности Треугольника, открытым Дунканом и Вольфом, Хаббл добавил три новых. Еще одну яркую переменную отметил и Бааде, но сообщения об этом так и не опубликовал, звезда же находилась на краю снятых пластинок и Хаббл изучить ее не мог. В туманности Андромеды Хаббл знал только одну переменную высокой светимости. Это были очень редкие объекты, буквально единицы в галактиках, населенных миллиардами звезд.

За пятьдесят лет на обсерваториях Ликской, Маунт Вилсон и других накопился большой наблюдательный материал. Невосполнимый пробел составляли лишь годы войны, когда работа на Маунт Вилсон почти остановилась.

Блеск звезд менялся непредсказуемо, то на годы они становились яркими, то значительно слабели. Особенно интересными оказались две звезды в туманности Треугольника, которые Хаббл обозначил буквами А и В. Первая из них с конца прошлого века неуклонно становилась все ярче и ярче. И когда, казалось бы, рост ее блеска ничем не остановить, она вдруг неожиданно и резко ослабела. Вот уже почти четыре десятка лет звезда наблюдается только в крупнейшие телескопы. Сейчас она превратилась в красного сверхгиганта. Не будем ли мы в

обозримые сроки свидетелями вспышки сверхновой в туманности Треугольника, как это предсказывает теория? Другая звезда В, колеблясь и как бы раскачиваясь, с каждым циклом увеличивала свой блеск. В одну из таких эпох, в 1940 г., Хабблу удалось снять ее спектр. Это был первый случай, когда с достаточными подробностями сфотографировали спектр отдельной звезды в галактике, удаленной на расстояние в три миллиона световых лет.

Все говорило о том, что обнаружен новый, неизвестный ранее тип переменных звезд, заслуженно получивших название объектов Хаббла—Сендиджа. Работа Хаббла и Сендиджа в своем заголовке имела цифру один. Такие же переменные высокой светимости уже удалось найти в М 81, NGC 2403, М 101 и других галактиках, на очереди были следующие публикации.

В конце июня 1953 г. авторы сдали свою статью в журнал, а читатели увидели ее в ноябре, через несколько недель после того, как Хаббла уже не стало. Для него она была последней, а для Сендиджа, продолжавшего дело своего наставника, первой серьезной работой.

В 1953 г. Хаббла пригласили в Англию прочесть Дарвиновскую лекцию, учрежденную в честь Джорджа Дарвина, известного английского астронома, сына великого естествоиспытателя Чарлза Дарвина.

Восьмого мая на собрании английского королевского астрономического общества Хаббл выступил с лекцией «Закон красного смещения».

«Я намерен рассмотреть закон красного смещения,— связь между расстояниями туманностей и смещениями линий в их спектрах, — сказал он. — Это одна из двух обнаруженных характеристик той части Вселенной, которая может быть изучена и, вероятно, способна дать представление о состоянии Вселенной, как целого. По этой причине важно, чтоб закон, определяющий эмпирическую связь между данными наблюдений, был установлен вплоть до пределов, достижимых самыми крупными телескопами. Тогда с ростом точности перечень возможных интерпретаций, допускаемых неуверенностью наблюдения, может быть соответственно сокращен. Итак, когда будет достигнута окончательная формулировка [закона], свободная от систематических ошибок и с достаточно малыми случайными погрешностями, число конкурирующих интерпретаций будет сведено к минимуму. Сейчас путь к такой окончательной формулировке стал ясным, и исследования на обсерваториях Маунт Вил сон и Паломар идут».

Хаббл напомнил слушателям историю установления закона

красного смещения: его открытие — первый этап, подтверждение — второй, когда работая на пределе возможностей 100-дюймового телескопа, Хьюмасон смог получить спектры галактик, удаляющихся со скоростью до 40 000 км/с. Наступил третий этап — создан 200-дюймовый телескоп и на нем развернулась большая космологическая программа.

Несомненно, Хаббл понимал всю важность ревизии каждого шага при установлении закона красного смещения. Еще в 1951 г., выступая в Пасадене с публичной лекцией, он представлял программу космологических исследований не как свою личную, а как единую программу всей объединенной обсерватории Маунт Вилсон и Маунт Паломар. Теперь он мог рассказать своим английским коллегам, насколько далеко продвинулись американские астрономы в ее решении.

Хаббл с удовлетворением напомнил, что уже в наблюдательный сезон 1950-1951 гг; Хьюмасон измерил лучевые скорости галактик в 50 000, 54 000 и, наконец, в 61 000 км/с. Самая большая скорость была отмечена у галактики в скоплении Гидры. Здесь, как перед непреодолимым рубежом, остановился в свое время 100-дюймовый телескоп. Важнейшую часть программы нового инструмента составляла ревизия шкалы расстояния. Уже давно подозревалось, что в шкале расстояний не все благополучно. Так, в туманности Андромеды соотношение блеска цефеид и шаровых скоплений, цефеид и новых звезд оказалось не таким, как в нашей Галактике. Проблему разрешил Бааде. Он установил, что цефеиды должны быть ярче, чем считалось ранее. А тогда все расстояния во Вселенной, так или иначе основывающиеся на методе цефеид, нужно решительно удвоить. Отсюда удваивался и возраст Вселенной, его следовало оценить в несколько миллиардов лет. Противоречие с геологическим возрастом земных пород отпадало — Земля переставала казаться старее всей Вселенной.

На Маунт Паломар усиленно велись наблюдения с новыми для астрономов фотоэлектронными умножителями, разработанными во время второй мировой войны. Измерялись звездные величины звезд-стандартов и интегральные величины далеких галактик. Они-то и требовались для проверки закона красного смещения, когда звезды-индикаторы расстояния оказывались слишком слабыми, недоступными даже новому инструменту. Уже в 11 скоплениях удалось измерить звездные величины ряда галактик. Хаббл убедился, что линейный закон красного смещения по-прежнему соблюдался. «...Можно с некоторой уверенностью сказать, что закон красного смещения в виде его зависимости от звездной величины достаточно скоро

будет установлен вплоть до расстояния, соответствующего красному смещению в 0,25 скорости света... Пригодность закона, верного до этих пределов, может быть прослежена на расстояния примерно вдвое большие по его воздействию на наблюдаемое распределение туманностей по звездным величинам. Итак, если красное смещение служит мерилом расширения Вселенной, нам удастся получить надежную информацию более, чем за четверть ее истории с начала расширения, а также некоторую информацию несколько больше, чем за половину истории»,— такие ближайшие перспективы видел Хаббл. Куда проблематичнее казались ему дальнейшие шаги.

Для этого требовались еще более мощные телескопы, а они очень дороги. Хаббл, не понаслышке знавший цену современных вооружений, понимал, что стоимость, скажем, одного линкора, переданная в «утешение философии», разом могла бы решить все финансовые проблемы астрономов. И все же он смотрел с надеждой на будущее своей науки.

«Из своего земного дома мы вглядывались вдаль, стремясь представить себе устройство мира, в котором мы родились. Ныне мы глубоко проникли в пространство. Близкие окрестности мы знаем уже довольно хорошо. По мере продвижения вперед наши познания становятся все менее полными, пока мы не подходим к неясному горизонту, где в тумане ошибок ищем едва ли более реальные ориентиры. Поиски будут продолжаться. Стремление к знаниям древнее истории. Оно не удовлетворено, его нельзя остановить»,— такими словами закончил свою лекцию Хаббл.

Хаббл выступил с Кормаковской лекцией перед Королевским обществом Шотландии, сделал доклад в Королевском институте Великобритании, был почетным гостем в Гринвиче, где супруг королевы герцог Эдинбургский открывал Октагон-рум, первое здание старой обсерватории, превращенное в музей, съездил в Париж и участвовал в заседании Французского института, членом которого состоял. Затем он вернулся в Боссингтон-хаус близ Стокбриджа, поместье своего друга сэра Ричарда Фейри, где, как и всегда, с наслаждением занимался рыбной ловлей. Коллеги Хаббла посмеивались, что даже деловые поездки в Англию и те почему-то всякий раз приходились у него на сезоны лучшего клева.

Возвращаясь домой. Хаббл мог быть довольным своей поездкой в Европу, встречам со старыми друзьями и всеобщим вниманием.

День 28 сентября 1953 г. начался как обычно. С утра Хаббл работал в своем кабинете на Барбара-стрит, а в обеденный час отправился домой., На машине его встретила миссис Хаббл. Они

ехали по улицам Сан-Марино, разговаривая о науке. Быть может Хаббл размышлял тогда и о предстоящих ему четырех ночах наблюдений на паломарском гиганте, к сожалению, ставших не очень частыми. Когда машина уже останавливалась около дома, случилось непоправимое — инсульт. До 64 лет Эдвину Хабблу недоставало чуть больше трех недель.

На следующий день американские газеты опубликовали сообщение о кончине Хаббла. «Нью-Йорк Тайме», та самая, которая много лет назад первой объявила об открытии цефеид в туманности Андромеды, кратко рассказала в некрологе о его жизни и научных заслугах. Она отметила и еще одну, вероятно малоизвестную, сторону деятельности ученого. Хаббл хорошо понимал, какую опасность людям и природе несет загрязнение воздушной среды печально знаменитым смогом и несколько месяцев возглавлял Совет по вопросам чистоты воздуха Южной Калифорнии.

И все-таки, читая номер газеты, испытываешь чувство недоумения и протеста. Не потому, что о Хаббле написано что-то не так, а потому, что рядом со скорбными словами о нем помещено, и даже с портретом, сообщение о смерти бывшего нациста Ганса Фриче, любимого радиокомментатора Гитлера, глашатая режима, борьбе с которым отдавал свои силы ученый. Едва ли уместная «свобода печати»...

Во многих научных журналах коллеги Хаббла — Хьюмасон, Адаме, Боуэн, Мейол и другие — воздали ему должное. В хабловском архиве хранится листок, исписанный гусиным пером. Это стихи, которыми Эдвин Джон Планкетт, 18-й барон Дансени, откликнулся на смерть исследователя Вселенной:

ПАМЯТИ ДОКТОРА ЭДВИНА ХАББЛА
Нет больше глаз, которые взирали
Сквозь Млечный Путь в неведомые дали
На блеск таинственных светил, чьи стаи
В той тёмной пустоте вкруг нас блуждали.
В них погружаясь, он открыл воочью
Мильоны солнц, похожих на земное,
И постоянно видел пред собою
Вселенными увенчанные ночи,
Гордитесь же, что рядом с нами жил
Тот человек, на удивленье всем
Не хвастаясь и не гордясь ничем.
Должно быть, он познал секрет светил
И то, как мириады их от века,
Сияя, скромности учили Человека.

(Перевод П. Н. Холопова)

Весть о кончине выдающегося астронома нашего столетия быстро облетела семью астрономов всего мира. На заседании английского Королевского астрономического общества его президент доктор Джексон сказал: «Только несколько месяцев назад доктор Хаббл прочел здесь свою Дарвиновскую лекцию и его внезапная смерть оказалась для нас тяжким ударом. Он войдет в историю как один из выдающихся астрономов-наблюдателей всех времен... Счастливой судьбой для него и для нашей науки было то, что в его распоряжении находились огромные телескопы. Его работы по туманностям — вот основание для того, чтоб связать его имя с именем Гершеля, предшествовавшего ему более столетия назад».

На другом континенте, независимо, но как бы вторя этим словам, Мейол сказал: «Вероятно во временной перспективе нужны менее субъективные оценки, но хочется думать, что для наблюдаемой области Вселенной Хаббл был тем же, кем был Гершель для системы Млечного Пути, а Галилей — для Солнечной системы».

Прошли годы и свою оценку, только уже с полной убежденностью, Мейол повторил и в биографии Хаббла. Но вероятно полнее и точнее всех сказал о Хаббле Алан Сендидж, назвав его величайшим астрономом со времен Коперника. Этими словами и открывается наша книга.

«Никто не знает, где похоронен Хаббл. Есть некая тайна в том, что произошло. Не было панихиды, не было церемонии похорон... Милтон Хьюмасон, вероятно, единственный человек, который когда-либо знал, что происходило после смерти Хаббла. Его жена не хотела никакой огласки по поводу случившегося» (Сендидж). Ни на Маунт Вилсон, ни на Маунт Паломар, нигде на Земле нет памятников Хабблу.

Много лет после кончины астрономы скромно отметили память Хаббла на небе. Его именем назвали один из кратеров на Луне возле Краевого моря. Между орбитами Марса и Юпитера движется астероид № 2069 «Хаббл». Астероиду со следующим номером присвоено имя Хьюмасона, с которым над проблемой красного смещения долгое время работал ученый.

Именем Хаббла названо рукотворное светило — космический телескоп. От него, инструмента с зеркалом почти такого же размера, как и у 100-дюймовика, но Вынесенного за атмосферу, астрономы ожидают, многого. Сам же 100-дюймовый рефлектор, прославивший Хаббла и прославленный им, теперь остановлен. Далее финансировать его работу институт Карнеги уже не смог.

Ночью 25 июня 1985 г. у телескопа собрались опечаленные астрономы. Быть может в последний раз навели его на небо и в фокусе установили Бегу, звезду, на которую в далеком 1917 г. Хейл впервые заглянул в окуляр. Как символ грустного события журнал «Скай энд Телескоп» поместил фото последнего наблюдателя — английского астронома Роджера Гриффина с табличкой в руках: «100-дюймовый телескоп закрыт». Эра замечательного инструмента, на котором были сделаны крупнейшие открытия первой половины XX века, кончилась. Он «пережил» Хаббла на 32 года.

Подлинные герои человеческой истории, культуры, науки не умирают со своей физической кончиной. Передав следующим поколениям свои деяния, открытия, идеи, они обретают бессмертие на века. Таким героем науки нашего столетия, богатого самыми удивительными достижениями, несомненно был Эдвин Хаббл. Он оставил нам грандиозное наследие — открытие управляемого законом его имени эволюционирующего мира галактик, который мы вправе назвать Вселенной Хаббла. С каждым годом значение сделанного им мы понимаем все глубже.

О фундаментальных результатах, полученных после Хаббла, о замыслах новых исследований, продолжающих его дело, рассказывается во второй части книги.

Часть вторая
ПРОДОЛЖЕНИЕ ЕГО ДЕЛА

Расстояния до галактик и постоянная Хаббла

Со времени классических работ Хаббла, открывших взрывающуюся Вселенную, проходили годы и десятилетия и становилось все более ясным, что это открытие поставило перед астрономией грандиознейшие задачи, которые предстояло решать новым поколениям астрономов — и наблюдателей, и теоретиков.

Из крупных проблем, над которыми работали астрономы, продолжившие дело Хаббла, следует выделить проблему определения расстояний во внегалактической астрономии и связанную с ней проблему определения важнейшей характеристики Вселенной — постоянной Хаббла H.

Достаточно точное определение расстояний до галактик, и тем более до очень удаленных, представляет сложнейшую задачу из-за огромности этих расстояний. Не приходится удивляться, что и сегодня мы знаем межгалактические расстояния все еще с большой ошибкой, возможно с точностью лишь до двойки. Эта неопределенность станет понятной, если вспомнить, что за исключением самых близких звезд (до которых расстояние определяется методом тригонометрических параллаксов) расстояния даже внутри нашей Галактики известны с точностью не лучше десятков процентов.

Установление шкалы внегалактических расстояний и во времена Хаббла, и сегодня проводят в несколько приемов, шаг за шагом, уходя ко все более далеким объектам и выстраивая как бы своеобразную лестницу. На каждой ступеньке этой лестницы применяют свои методы, используют свои индикаторы расстояний.

Ими являются объекты с достаточно надежно определяемой светимостью (абсолютной звездной величиной). Тогда сравнением с видимым блеском объекта фотометрическим путем находят расстояние. Другими индикаторами могут быть объекты с известными линейными размерами. В этом случае измерение их видимых угловых размеров на небе также позволяет вычислить расстояние.

Разумеется, вся трудность состоит в определении светимости или линейных размеров индикаторов, как говорят астрофизики — в их калибровке.

Типичная цепочка измерения все более далеких расстояний может выглядеть следующим образом.

Первым шагом является определение расстояния до одного из ближайших рассеянных звездных скоплений — Гиад. Это расстояние находится достаточно уверенно геометрическим путем и составляет около 45 парсеков. Зная расстояние до Гиад и измеряя видимую звездную величину т, можно вычислить абсолютную звездную величину М всех звезд — членов скопления.

Для звезд, в центральных частях которых водород в ядерных реакциях превращается в гелий, М зависит только от их цвета.

Если построить диаграмму видимая звездная величина — цвет для звезд скопления (диаграмму Герцшпрунга—Рессела), то такие звезды выстраиваются на ней в цепочку, называемую главной последовательностью, и их легко отличить от других звезд. Теперь, наблюдая звезды главной последовательности в других скоплениях, можно по их цвету вычислить М и, сравнивая с m, найти расстояния до скоплений. Так находят расстояния до скоплений в нашей Галактике. В некоторых скоплениях имеются цефеиды. Их абсолютные звездные величины М могут быть найдены по m и расстоянию. Суть дела состоит в том, что цефеиды подчиняются зависимости период — абсолютная величина М. Теперь, после нахождения М хотя бы нескольких цефеид, можно считать известным, какому периоду соответствует та или иная абсолютная звездная величина. Как говорят, эта зависимость теперь откалибрована. Цефеиды являются очень яркими звездами («сверхгигантами») и они видны в близких галактиках. Их называют первичными индикаторами расстояний. Если обнаруживают цефеиду в другой галактике, то, сравнивая видимую звездную величину m с М (найденную по периоду), вычисляют расстояние до нее, а значит, и расстояние до всей галактики. К сожалению, цефеиды видны только в ближайших галактиках (на расстояниях до нескольких миллионов парсеков). Чтобы продвинуться дальше, приходится делать следующий шаг — находить более мощные по светимости, чем цефеиды, индикаторы расстояний, как говорят — вторичные индикаторы. В качестве их используют, например, ярчайшие звезды галактик или ярчайшие шаровые звездные скопления. Как показывают наблюдения, абсолютные величины каждого из этих типов индикаторов достаточно одинаковы у галактик, принадлежащих к одному и тому же типу.

Величины М вторичных индикаторов находят (калибруют их), наблюдая их в ближайших галактиках, расстояния до которых уже известны. По вторичным индикаторам можно уже измерить расстояния до ближайших скоплений галактик (расстояния порядка десяти миллионов парсеков). Наконец, чтобы

продвинуться еще дальше вглубь Вселенной, используют индикаторы третьего порядка.

Такими индикаторами могут быть сверхновые звезды в максимуме их блеска или же сами ярчайшие галактики в скоплениях.

Кроме указанных индикаторов используются и другие. Так, в качестве первичных индикаторов используются, например, новые звезды в максимуме их блеска, в качестве вторичных — линейные диаметры облаков ионизованного водорода и т. д.

Разумеется, всегда надо учитывать поглощение света в межзвездном пространстве и множество других технических факторов, на которых мы здесь не имеем возможности останавливаться.

Ясно, что на каждой ступени этой длинной лестницы неизбежные ошибки будут накапливаться.

Не приходится удивляться, что первые оценки расстояний грешили существенными систематическими ошибками, да и сейчас возможная неопределенность шкалы внегалактических расстояний еще очень велика.

Еще при Хаббле стали постепенно вырисовываться несоответствия, показывающие, что в оценках расстояний до галактик не все в порядке.

Так, в ближайших к нам галактиках: Большом и Малом Магеллановых Облаках не были найдены переменные звезды типа RR Лиры. Это означало, что их блеск столь слаб, что они не запечатлеваются на пластинках, сделанных с помощью имевшихся телескопов. Если бы эти галактики находились на расстоянии, как тогда считали, около 30 тысяч парсеков, то звезды типа RR Лиры были бы видны! Значит, в действительности они по-видимому дальше от нас, чем считалось.

Кроме того, согласно тогдашним оценкам расстояний по цефеидам туманность Андромеды удалена от нас на примерно 300000 парсеков. Эта галактика того же типа, что и наша, а рассчитанные с использованием такого расстояния светимости шаровых звездных скоплений и новых звезд в ней оказывались заметно меньше светимостей тех же объектов в нашей Галактике. Да и размеры туманности Андромеды не соответствовали размерам нашей — они оказывались существенно меньше, хотя обе галактики одного типа. Все говорило о том, что туманность Андромеды находится дальше, чем считалось.

С другой стороны, французский астроном Х. Минёр, пересмотрев оценки расстояний до цефеид внутри нашей Галактики, пришел в 1944 г. к выводу, что их абсолютная величина по-видимому на $1{,}5^m$ ярче, чем считалось со времен

определений Шепли.

Все эти указания не принимались, однако, астрономами всерьез до 1952 г., когда Бааде на очередной Генеральной Ассамблее Международного астрономического союза в Риме сообщил, что по его исследованиям цефеиды на $1{,}5^m$ ярче, чем полагали, и это означает, что всю шкалу внегалактических расстояний надо примерно удвоить, так как вторичные индикаторы для более далеких расстояний калибровались по ближайшим галактикам.

Вывод Бааде был подтвержден в работе А. Теккерея, выполненной в то же время, а затем и в многочисленных последующих работах.

Но на этом, пересмотр шкалы внегалактических расстояний не закончился.

Начиная с середины пятидесятых годов, настойчивая работа по определению внегалактических расстояний проводится учеником Э. Хаббла американским астрономом А. Сендиджем и его коллегами. А. Сендидж уточнил расстояния до ближайших галактик. Оказалось, что они втрое больше, чем думал Хаббл. Кроме того, он обнаружил и ошибку в работе своего учителя. Дело в том, что на снимках галактик, находящихся достаточно далеко, за границами Местной группы, ярчайшие точечные изображения оказались вовсе не звездами, как считал Хаббл, а целыми облаками светящегося ионизованного водорода (их называют областями HII). Хаббл не мог отличить их от звезд, так как из-за большого расстояния они видны на пластинках как точки. Только с появлением пластинок достаточно чувствительных к красным лучам стало возможным это сделать, сравнивая снимки в красных и синих лучах.

Компактные области HII в галактиках в скоплении Девы оказались, согласно Сендиджу, ярче самых ярких звезд на $1{,}8^m$. Поэтому, когда Хаббл определял во сколько раз скопление Девы дальше ближайших к нам галактик, используя, как он думал ярчайшие звезды, а на самом деле области HII, то недооценивал расстояние этого скопления примерно в два раза. Выяснилось также, что и звезды самой высокой светимости в галактиках примерно в 25 раз ярче, чем принималось во времена Хаббла. В первой половине семидесятых годов считалось, что если учесть поправки в шкале расстояний до ближайших галактик, а затем еще в расстояниях до более далеких, то скопление в Деве и еще более удаленные скопления окажутся от нас раз в 6—10 дальше, чем принимал Хаббл. Соответственно во столько же раз уменьшалась оценка и величины постоянной Хаббла H. От значения около 500 км/с на мегапарсек, данного Хабблом, она

понизилась до 50—100 км/с на мегапарсек.

Еще в 1968 г. Сендидж использовал в качестве индикатора расстояний ярчайшие галактики в скоплениях, содержащих много членов. Это позволило ему продвинуться до расстояний, на которых скорость удаления объектов составляет 140 000 км/с! Определенная им таким способом постоянная Хаббла составила $H = 75$ км/ (с · Мпк).

Последние десять-пятнадцать лет работы по определению шкалы внегалактических расстояний и постоянной Хаббла велись по меньшей мере столь же интенсивно, как и в предыдущие годы. Появились новые методы, уточнялись и детализировались старые.

Из новых методов надо отметить обнаруженную Р. Талли и Дж. Фишером (США) зависимость между шириной спектральной радиолинии нейтрального водорода (с длиной волны 21 см) и светимостью галактики. Ширина линии определяется скоростями движения газа, а скорости в свою очередь зависят от сил тяготения, а значит от массы галактики. С другой стороны, светимость галактики связана с ее массой. Так объясняется найденная зависимость. Она позволяет калибровать абсолютные звездные величины галактик.

Используя эту зависимость, можно по наблюдаемой ширине радиолинии водорода определить светимость галактики, и, сравнивая с видимым ее блеском, вычислить расстояние.

Метод Талли—Фишера неприменим к эллиптическим галактикам, где нет большого количества нейтрального водорода. Для таких галактик может быть использован аналогичный, метод калибровки их светимостей, только вместо скоростей движения газа спектральным путем определяются скорости движения звезд.

Другой перспективный метод состоит в совместном определении линейной скорости расширения оболочек взрывающихся сверхновых звезд в галактиках (это делается по доплеровскому смещению линий в их оптических спектрах) и измерении скорости роста угловых размеров разлетающихся оболочек. Последние измерения проводятся с помощью современных радиоинтерферометров со сверхдлинными базами, обеспечивающими угловое разрешение до 10^{-4} угловой секунды. Сравнивая линейную скорость с угловой, находят расстояние до сверхновой, а значит и до материнской галактики.

Еще один способ был предложен в СССР Я.Б. Зельдовичем и Р.А. Сюняевым. Он основан на совместных наблюдениях рентгеновского излучения горячего газа в скоплениях галактик и рассеянного им реликтового радиоизлучения (с. 166—172) горячей Вселенной.

Новые методы хотя и позволили сделать отдельные

уточнения, но все же не привели пока к резкому увеличению надежности измерения расстояний.

При определении постоянной Хаббла помимо трудностей измерения больших расстояний возникла еще одна проблема. Начиная с шестидесятых годов становилось все более очевидно, что на движения сравнительно близких к нам галактик, удаляющихся со скоростью не более 4000 км/с должны существенно влиять силы тяготения крупных местных сгущений вещества — скоплений галактик. Эти силы могут в сравнительно небольших масштабах заметно искажать общее хаббловское расширение. Такие местные искажения совершенно необходимо специально учитывать при определении постоянной Хаббла.

В последние десятилетия прослеживается четкое разделение ведущих специалистов по внегалактическим расстояниям на две группы. Одна из этих групп во главе с Сендиджем и швейцарским астрономом Г. Тамманом настаивает на том, что постоянная Хаббла приблизительно равна $H = 50$ км/(с·Мпк).

Подытоживая результаты длительной работы, Тамман на симпозиуме «Наблюдательная космология» в Китае в 1986 г. сказал: «Для всех практических целей рекомендуется удобное число $H = 50$ км/(с·Мпк); вероятно потребуется длительное время прежде чем существенно иное значение станет необходимым».

Оценка Тамманом возможной систематической ошибки в определении H такова: «Неточность в значении хаббловской постоянной вероятно определяется реалистическим 99% доверительным интервалом $35 < H < 75$» (числа соответствуют единицам: км/(с·Мпк)).

Многие астрономы не согласны, однако, с таким заключением. Приверженцы второй группы специалистов по внегалактическим расстояниям считают, что постоянная Хаббла близка к $H = 100$ км/(с·Мпк). Глава этого направления французский астроном Ж. де Вокулёр в обзорной работе 1982 г. приходит к заключению: «Наиболее вероятное значение хаббловской постоянной... есть $H = 95 \pm 10$ (среднеквадратичная ошибка) км/(с·Мпк) ..., или в более общем виде ... $116 \geq H \geq 81$...» (в единицах км/(с·Мпк). Первую группу астрономов часто называют сторонниками «длинной» шкалы внегалактических расстояний, вторую — сторонниками «короткой».

Почему такая большая разница в оценке H крупнейшими специалистами? Безусловно, в основе этого противоречия лежит недостаточность нашего знания, связанная с колоссальной трудностью проблемы. Более конкретно разница в выводах вызвана разными методиками, используемыми теми и другими

специалистами.

Главное различие в методике состоит в том, что Сендидж и Тамман выбирают минимальное число наиболее надежных, по их мнению, индикаторов расстояний (первичных, вторичных и т. д.) и так же минимальное число надежных способов их калибровки, в то время как Ж. де Вокулёр, С. ван ден Берг и другие астрономы предпочитают брать большое число индикаторов и калибровать их всеми возможными способами. По образному выражению Ж. де Вокулёра первая группа предпочитает «ставить все свои деньги на одну лошадь», а вторая группа исповедует философию «распределения риска». Надо подчеркнуть, что разница вдвое в «короткой» и «длинной» шкалах расстояний получается только для самых удаленных объектов, находящихся от нас заметно дальше, чем ближайшее крупное скопление галактик в созвездии Девы. Оценки расстояний до ближайших галактик, в которых видны цефеиды — наиболее надежные первичные индикаторы внегалактических расстояний — у обеих групп приблизительно совпадают или же во всяком случае не сильно отличаются. Здесь разница составляет всего около двадцати процентов. С увеличением расстояний растет и расхождение между шкалами, достигая полутора на расстоянии скопления Девы и примерно двух для гораздо более далекого скопления в созвездии Волос Вероники.

Говоря о разных значениях H — 50 и 100 км/с на мегапарсек — надо помнить, что из них следуют разные оценки возраста Вселенной. Так, в простейшей модели Эйнштейна — де Ситтера $H = 50$ км/(с·Мпк) соответствует времени, прошедшем с начала расширения, $t = 13 \cdot 10^9$ лет, а $H = 100$ км/(с·Мпк) — вдвое меньшему. Между тем, оценки возраста шаровых скоплений, как правило, превышают 15 миллиардов лет, доходя до 18 миллиардов лет. Неопределенности в возрастах этих, вероятно, самых старых объектов во Вселенной, не меньше, чем неопределенности оценки постоянной Хаббла. Тем не менее, даже с учетом возможной ошибки, по-видимому, очень трудно, а может быть и невозможно, согласовать возраст шаровых скоплений в 15 миллиардов лет с возрастом Вселенной в 6,5 миллиардов лет (в простейшей космологической модели), следующим из значения постоянной Хаббла $H = 100$ км/(с·Мпк).

Совместить космологическую теорию и наблюдения в этом случае можно вероятно, только возвращаясь к первоначальной идее Эйнштейна о существовании сил отталкивания, описываемых космологической постоянной Λ в уравнениях поля. Введение этих сил позволяет, в принципе, сколь угодно «растянуть» время, прошедшее с начала расширения Вселенной.

Обо всей ситуации, сложившейся с двумя шкалами внегалактических расстояний, Ж. де Вокулёр пишет: «Путь прогресса в астрономии редко бывает прямым, он усыпан развалинами ложных теорий, ошибочных наблюдений, неправильных интерпретаций, которые хотя и могли задержать на некоторое время продвижение науки, часто делали положительный вклад в нее, концентрируя внимание исследователей на данном вопросе. Разрешение противоречий между конфликтующими точками зрения или результатами является признанным механизмом прогресса. И хотя через несколько лет путаная история с длинной и короткой шкалами расстояний станет главным образом уделом историков астрономии, неоспоримо, что рассматриваемая ситуация была последние восемь лет непосредственной причиной огромных усилий многих астрономов. В процессе исследований были установлены и исключены источники систематических ошибок, были развиты новые и лучшие методы определения расстояний, местная анизотропия поля скоростей была, наконец, окончательно признана всеми и, вероятно, неожиданно были получены указания на ненулевую космологическую постоянную».

Если числовое значение постоянной Хаббла известно недостаточно хорошо, то сама форма зависимости — пропорциональность скорости удаления галактик их расстоянию, установлена весьма надежно. Для проверки формы закона расширения Вселенной необязательно знать численное значение коэффициента H. Действительно, если мы знаем, что какой-то индикатор расстояний имеет постоянную (хотя и неизвестную точно) светимость, то, сравнивая между собой видимые звездные величины этих объектов, находящихся на разных расстояниях, можно непосредственно узнать отношение их расстояний. Таким образом, видимые звездные величины таких индикаторов служат указателями относительных расстояний.

Еще Хаббл предложил использовать в качестве индикаторов целые галактики в скоплениях. Отдельные случайные галактики не могут служить индикаторами расстояний, так как их светимости весьма различны. Имеются галактики, совокупная светимость звезд которых в десятки раз больше светимости нашей Галактики. Но есть и такие, которые светят в сотни раз слабее. Однако ярчайшие галактики в скоплениях, как правило, имеют близкие светимости (сам Хаббл использовал не первую, а пятую по яркости галактику скопления, но это, конечно, не меняет сути дела). Поэтому для проверки пропорциональности скорости расширения Вселенной расстоянию строят зависимость между видимой звездной величиной ярчайших галактик в скоплениях и

красным смещением, характеризующим скорость удаления скопления. Эту последнюю величину обычно обозначают буквой z и она определяется как изменение длины волны линий в спектре, деленное на длину волны той же линии в случае неподвижного источника: $z = \Delta\lambda/\lambda$.

На рис. 3 (с. 92) приведена такая зависимость по данным А. Сендиджа и Г. Таммана 1981 г. Как видно, линейная зависимость между логарифмом z и звездной величиной, предсказываемая законом Хаббла, соблюдается весьма точно вплоть до $z \approx 0{,}7$.

В левом нижнем углу рисунка изображен черный прямоугольник. Он соответствует области данных, которыми располагал Хаббл в 1929 г., когда открывал свой закон. Это сравнение наглядно демонстрирует, как далеко продвинулась астрономия за последние полвека.

Еще недавно казалось, что прогресс будет даже большим. Надежды связывались с открытыми в начале шестидесятых годов квазарами. История открытия этих объектов начинается в сентябре 1960 г., когда Т. Метьюз и А. Сендидж получили на знаменитом 200-дюймовом телескопе фотографию очень компактного радиоисточника, носящего номер 3С48 в Третьем Кембриджском каталоге. Объект выглядел, как звезда 16^m, окруженная слабой туманностью. Через месяц Сендидж получил его спектр. В нем имелись широкие линии излучения, которые, однако, не соответствовали линиям какого-либо известного химического элемента. В последующие два года Метьюз и Сендидж, а затем и другие астрономы показали, что и еще некоторые точечные радиоисточники также отождествляются в оптических лучах со слабыми звездоподобными объектами.

В 1963 г. работавший на Маунт Паломар голландский астрофизик М. Шмидт получил спектр звездоподобного оптического изображения компактного радиоисточника 3С273. На фотографии объект выглядит звездой 13^m. М. Шмидт установил, что необычные линии излучения в спектре источника принадлежат водороду — самому распространенному элементу в природе, только они смещены в красную сторону на $z = 0{,}16$, но большие красные смещения могут вызываться только быстрым удалением объекта из-за расширения Вселенной. Применяя закон Хаббла, нетрудно показать, что объект находится необычайно далеко и его светимость в сотню раз превышает светимость самых крупных галактик. Вскоре большие красные смещения были обнаружены и у других подобных объектов. Несколько позже все такие объекты стали называть квазарами.

Уже само открытие необычайно мощных источников излучения во Вселенной было сенсационным. Но по настоящему

удивительным оказалось свидетельство о чрезвычайно малых размерах этих мощнейших излучателей. Оценка размеров квазаров была получена в результате открытия переменности их блеска.

Сообщение о странных объектах было получено в Москве в начале марта 1963 г. По инициативе И. С. Шкловского Ю. Н. Ефремов и один из авторов этой книги (А. Ш.) исследовали блеск квазара 3С273 по пластинкам Государственного астрономического института им, П. К. Штернберга. Было установлено, что квазар меняет свой блеск с амплитудой $0{,}7^{m}$. В то же время американские астрономы Х. Смит и Д. Хоффлейт также обнаружили переменность 3С273 с амплитудой $0{,}6^{m}$. Любопытно, что статьи советских и американских исследователей были посланы в печать в один и тот же день — 9 апреля 1963 г.

Оказалось, что блеск квазара 3С 273 иногда заметно меняется и за несколько дней. Это означает,, что линейные его размеры не могут превышать нескольких световых дней. Если бы они были больше, то лучи света, одновременно приходящие к нам, должны покидать разные части объекта в существенно разное время: от более далеких частей выйти раньше, от расположенных ближе — позже. В результате в наблюдаемом суммарном свете изменения осреднялись бы и колебаний блеска за несколько дней наблюдать было бы нельзя.

Природа квазаров долгое время оставалась загадочной. Постепенно выяснилось что квазары являются ядрами гигантских далеких галактик.

Ядра наблюдаются в центрах многих галактик, но обычно их светимость не очень велика. В случае же квазаров по каким-то причинам ядра находятся в состоянии большого возбуждения и их светимость составляет 10^{45}—10^{47} эрг/с, что в десятки и даже сотни раз превышает светимости крупнейших галактик.

Естественно было бы весьма заманчивым использовать столь мощные излучатели, видимые с огромных расстояний, и для проверки закона Хаббла, и для решения других задач космологии. Однако выяснилось, что использовать их для этих целей крайне сложно. Дело в том, что в отличие от ярчайших галактик в скоплениях квазары имеют огромный разброс светимостей и тем самым не могут служить индикаторами расстояний. К тому же светимость квазаров сильно меняется с течением времени. Характерное время жизни квазара, вероятно, порядка 10^{7} лет. Возраст галактик — порядка 10^{10} лет. Гораздо более короткий период активности квазара по сравнению с возрастом галактики и обуславливает сравнительно сильную его изменчивость.

Проблема эволюции, изменчивости светимости и других

свойств галактик и квазаров становится одной из кардинальных, когда мы обращаемся к объектам, имеющим красное смещение порядка $z \approx 1$ и больше. Свет, приходящий к нам сегодня, покинул столь далекие объекты миллиарды лет назад, когда они были существенно моложе и светимость наших стандартных индикаторов расстояния была заметно иной, чем светимость в наше время, которую мы наблюдаем у близлежащих объектов. Эволюция же галактик и квазаров известна плохо.

Между тем, крайне важно изучать зависимость «видимая звездная величина — красное смещение» для объектов с красным смещением z больше единицы, так как при таких больших расстояниях начинают сказываться существенные факторы, характеризующие нашу Вселенную. Во-первых, важно, что при этом мы видим Вселенную в далеком прошлом, когда постоянная Хаббла была другой, ибо расширение тормозится тяготением вещества. Наблюдения объектов с большим z позволило бы определить замедление, а значит и вычислить среднюю плотность вещества во Вселенной, Во-вторых, на таких расстояниях сказываются уже релятивистские эффекты — изменение течения времени в сильных полях тяготения и искривленность пространства Вселенной. Как подчеркивал еще Хаббл, наблюдения в принципе позволяют определить эти эффекты. Однако они «перепутаны» с эффектами эволюции и разделить их — крайне сложная задача. Приходится с сожалением констатировать, что пока наблюдения далеких объектов не привели к сколько-нибудь определенным выводам и вся надежда на планируемые будущие исследования, к рассказу о которых мы переходим.

На начало 1988 г. наибольшие красные смещения, измеренные у галактик и квазаров, были соответственно $z_Г = 3{,}2$ и $z_К = 4{,}4$, Наибольшие же красные смещения, бывшие в распоряжении Хаббла, составляли всего $z \approx 0{,}004$...

Будущие исследования

Среди многих проектов, которые призваны в ближайшее время существенным образом расширить наши знания о крупномасштабной структуре Вселенной и ее эволюции, очень важными, безусловно, являются проекты, связанные с выносом астрономических инструментов в космос.

О некоторых из них, непосредственно продолжающих линию исследований, начатую Хабблом, мы здесь расскажем.

В 1986 г. американцы планировали вывести на космическую орбиту телескоп с зеркалом диаметром 2,4 метра, носящий имя Хаббла. Трагическая катастрофа корабля «Шаттл» лишь отодвинула, но не отменила осуществление этого проекта. Сам телескоп со всеми научными приборами, по сообщению американских коллег, уже полностью готов. Этот уникальный телескоп должен осуществить качественный скачок в оптической астрономии, по меньшей мере столь же существенный, каким стало введение в строй 200-дюймового телескопа. Для работы с инструментом на орбите создан специальный Научный Институт Космического Телескопа.

Зеркало телескопа позволит получить в его фокусе изображения небесных объектов чрезвычайно высокого качества, не искаженные атмосферными помехами. Исследования будут проводиться в широком диапазоне длин электромагнитных волн — от далекой ультрафиолетовой до далекой инфракрасной области.

Для внегалактических исследований особенно важны: 1) широкоугольная камера с полем зрения 2,7'x2,7', состоящая из 1600x1600 детекторов фотонов, предназначенная для изучения объектов от 9,5 до 28-й звездной величины; 2) камера для изучения слабых объектов с полем зрения 11" ´ 11" с угловым разрешением 0,02" для наблюдения объектов от 21 до 28-й звездной величины; 3) спектрограф для объектов вплоть до 26-й звездной величины. Эти инструменты обеспечивают детальное фотометрическое исследование, изучение спектров и высокое угловое разрешение для объектов, находящихся примерно в десять раз дальше, чем позволяют наблюдения таких же объектов с поверхности Земли.

Возможность исследовать объекты во много раз слабее, чем были доступны крупнейшим телескопам с поверхности Земли, имеет решающее значение. Расстояния до галактик, в которых видны цефеиды, сторонники «длинной» и «короткой» шкал

считают примерно одинаковыми. Разница накапливается при переходе к более далеким галактикам, когда цефеиды уже недоступны и приходится прибегать к гораздо менее надежным вторичным, а затем и третичным индикаторам расстояний. Отсюда ясна важность измерить расстояние до ближайшего крупного скопления галактик в созвездии Девы непосредственно по цефеидам, не прибегая к вторичным индикаторам.

Хаббловскии космический телескоп позволит решить эту важнейшую задачу наблюдательной космологии. В галактиках в скоплении Девы цефеиды с периодом в 20 дней и средней абсолютной звездной величиной —5,5^m должны иметь 26-ю видимую звездную величину и будут легко обнаружимы при экспозициях порядка 50 минут.

Многочисленные галактики в этом скоплении позволят космическому телескопу выявить и откалибровать также и вторичные индикаторы расстояний гораздо лучше, чем это сделано до настоящего времени. Такие вторичные индикаторы будут видны на расстояниях почти в десять раз больших, чем сейчас. Одна-две экспозиции достаточны, чтобы найти и измерить эти индикаторы — области HII, ярчайшие шаровые скопления — на расстояниях вплоть до скопления галактик в созвездии Волос Вероники, расположенного примерно в шесть раз дальше, чем скопление Девы,

Все это приведет к существенному улучшению наших знаний о масштабах Вселенной и позволит определить постоянную Хаббла с реальной точностью примерно до десяти процентов.

Космический телескоп также заметно улучшит калибровку первичных индикаторов и в нашей Галактике. Дело в том, что станет возможным, используя прямой метод тригонометрического параллакса, измерять с точностью до 10% расстояния до звезд, отстоящих от нас на 100 парсеков. Таким образом уточнятся расстояния до ближайших звездных скоплений, с которых начинается длинная лестница шкалы космических масштабов.

Достаточно точное знание расстояний до объектов, удаленных от нас на десятки миллионов парсеков, позволит надежно измерить небольшие отклонения в движениях галактик, вызванные тяготением крупных скоплений, от общего расширения Вселенной. По отклонениям вычисляют соответствующие силы тяготения и суммарную массу вещества, включая труднонаблюдаемые формы, входящие в скопления галактик. Напомним, что плохое знание этой величины является самым слабым звеном в определении средней плотности вещества в больших масштабах. Следовательно, будет решена одна из самых сложных задач наблюдательной космологии —

определение средней плотности вещества во Вселенной. От этой величины зависит, будет ли Вселенная неограниченно расширяться или же расширение сменится сжатием.

Решению той же задачи послужит и построение зависимости видимой звездной величины ярчайших галактик от красного смещения для скоплений с z > l. По отклонению этой зависимости от прямолинейной определяют среднюю плотность вещества во Вселенной, находят искривленность трехмерного пространства.

Все эти наблюдения связаны с изучением очень далеких объектов, видимых нами в прошлом, когда свет их покинул в эпоху, отстоящую от нас на миллиарды лет. Потому наблюдения выявят также эволюцию галактик и квазаров за столь длительные промежутки времени. Такие данные очень важны для понимания истории Вселенной.

Заканчивая рассказ о будущих возможностях телескопа имени Хаббла в деле установления шкалы внегалактических расстояний, мы хотим особо подчеркнуть следующее обстоятельство. Этот телескоп, решая проблему определения структуры Вселенной, продолжает дело, начатое Хабблом еще в двадцатые годы. Установление шкалы расстояний с точностью до 10% будет завершением одной из грандиозных задач, поставленных трудами Хаббла. И весьма символично, что дело жизни Хаббла продолжает телескоп его имени.

Каким бы перспективным ни являлось улучшение шкалы внегалактических расстояний в результате запуска космического телескопа, мы все же не можем быть полностью удовлетворены той точностью, которая планируется. Далеко не все проблемы космологии при этом можно будет решить. Вряд ли, например, удастся определить, является ли наша Вселенная открытой — вечно расширяющейся, или она закрытая и в будущем расширение сменится сжатием. Дело в том, что согласно теоретическим оценкам, отличие средней плотности вещества во Вселенной от критического значения, вероятно, на много порядков меньше, чем максимальная точность, с которой будет возможно найти этот параметр с помощью наблюдений на будущем космическом телескопе.

Метод фотометрических индикаторов расстояний, предложенный и активно использовавшийся первопроходцами Вселенной, по самой своей сути вряд ли позволит существенно повысить точность сверх той, которую даст телескоп имени Хаббла.

Новый шаг в измерении гигантских просторов Вселенной можно будет сделать только используя во внегалактической

астрономии прямой метод измерения расстояний — метод тригонометрического параллакса.

До сих пор таким способом удавалось измерить расстояние лишь до ближайших звезд.

Можно ли увеличить чувствительность метода в миллион раз, что требуется во внегалактической астрономии? В семидесятые годы Н.С. Кардашевым, Ю.Н. Парийским и Н.Д. Умарбаевой (СССР) была показана принципиальная возможность тригонометрическим путем измерять расстояния до галактик и даже расстояния до самых границ наблюдаемой Вселенной. Она откроется при создании космического радиоинтерферометра с базой порядка диаметра земной орбиты.

Угловое разрешение радиоинтерферометрической системы, а значит, и возможность измерения параллаксов, определяется отношением длины электромагнитной волны, на которой работает система, к длине базы — расстоянию, на которое разносятся радиотелескопы, используемые для построения интерферометрической картины. Если космические радиотелескопы будут работать на длине волны один сантиметр, а расстояния между ними составят около 300 миллионов километров (диаметр земной орбиты), то угловое разрешение достигнет 10^{-10} угловой секунды. Этого достаточно для измерений расстояний вплоть до нескольких миллиардов парсеков, т. е. до границ наблюдаемой части Вселенной!

Конечно, до осуществления подобного проекта еще очень далеко и. придется преодолеть много трудностей как технических, так и принципиальных. Прежде всего необходима одновременная работа минимум трех радиотелескопов (один из них может быть на Земле), снабженных приспособлениями для чрезвычайно точного определения расстояний между ними и измерения их относительных скоростей. Кроме того, необходимо найти в удаленных галактиках объекты, достаточно мощно излучающие в радиодиапазоне и очень компактные — в поперечнике меньше диаметра земной орбиты. Наконец, придется учитывать многочисленные источники возможных отклонений в распространении радиолучей в ходе их длительного путешествия к наблюдателю.

Первые шаги в создании космических радиотелескопов уже сделаны. В 1976 г. на советской станции «Салют-6» работал космический радиотелескоп

В 1986 г. американские исследователи осуществили интерферометрическую систему с использованием радиотелескопа на спутнике. Важнейшие исследования предполагаются в ближайшем будущем.

В Советском Союзе в Институте космических исследований будет осуществляться проект «Радиоастрон». Он предполагает создание в ближайшие двадцать лет все более сложных и многоплановых космических радиотелескопов.

Эта программа предусматривает запуск в ближайшее десятилетие космического радиотелескопа с диаметром антенны 10 метров, работающего на частотах от 0,3 до 22 гигагерц. Вместе с наземными радиотелескопами он составит интерферометрическую систему с длиной базы до миллиона километров. В последующее пятилетие намечено создание такого же инструмента, работающего и на миллиметровых длинах радиоволн — на частотах от 22 до 230 гигагерц. Наконец, еще в дальнейшие пять лет планируется создание космического радиотелескопа с антенной в 30 метров диаметром и работающего на частотах от 1,7 до 230 гигагерц.

Осуществление этой программы явится серьезным шагом к воплощению заманчивой мечты космологов — проведению триангуляции всей видимой части Вселенной, подобно тому, как в свое время была осуществлена триангуляция земного шара. Аналогично тому, как на Земле триангуляция позволила измерить расстояние между удаленными точками, создать точные карты, определить кривизну земной поверхности, найти размер нашей планеты, так в будущем и в космосе триангуляция приведет к созданию точной трехмерной карты окружающей Вселенной, и к измерению кривизны пространства. А это позволит в свою очередь уточнить историю Вселенной и с большей уверенностью говорить о ее будущем.

Проект «Радиоастрон» по мере своего осуществления позволит решить и целый ряд других задач наблюдательной космологии.

Уже первые шаги реализации этого проекта создадут возможность точно измерять угловые размеры разлетающихся оболочек сверхновых звезд, а значит и определять расстояния до галактик, где происходят эти взрывы, с точностью до 10% в случае близких галактик.

Н. С. Кардашев в 1986 г. отметил, что проект «Радиоастрон» позволит определить также собственные движения галактик — угловые перемещения на небесной сфере, вызванные их случайными пространственными скоростями в сотни, а может быть и тысячи километров в секунду. Такие случайные скорости есть у галактик помимо их систематического удаления из-за расширения Вселенной. Эти наблюдения не только сделают впервые возможным построение полной карты крупномасштабных движений вещества во Вселенной, но и откроют путь к

определению средних статистических параллаксов целых совокупностей галактик так же, как это делается в звездной астрономии при определении расстояний до достаточно далеких звезд нашей Галактики.

Как видим, работы здесь еще очень много и, что не менее важно, имеются четкие планы ее проведения.

Открытие горячей Вселенной

Теоретическое предсказание Фридманом нестационарности Вселенной и открытие Хабблом расширения Вселенной явились первыми шагами длинного и трудного пути, ведущего к пониманию того, как Вселенная взорвалась, что означает этот необычный взрыв, произошедший около 15 миллиардов лет назад, и как устроена Вселенная сегодня.

Новым большим открытием на этом пути стало открытие горячей Вселенной.

На разных этапах расширения Вселенной в ней протекали различные физические процессы. В начале космологического расширения плотность вещества была огромной. Тогда происходили процессы, совсем непохожие на те, что мы наблюдаем сегодня. Они определили сегодняшнее состояние мира и сделали возможным, в частности, существование жизни. Можем ли мы что-либо сказать о процессах, происходивших буквально в первые мгновения расширения? Оказывается можем. События первых минут с начала расширения мира имели столь важные последствия, оставили столь явные «следы», что по ним можно восстановить их характер.

Важнейшими из них были ядерные реакции, происходившие при большой плотности в первые минуты расширения. Следствием их явилось образование легких химических элементов. Расчет ядерных реакций дает возможность предсказать химический состав вещества, из которого впоследствии формировались небесные тела.

Есть две принципиально разные возможности для условий, в которых протекало начало расширения вещества Вселенной: вещество могло быть либо холодным, либо горячим. Следствия ядерных реакций при этом в корне отличаются друг от друга. Исторически первой еще в 30-е годы была рассмотрена возможность холодного начала.

Ядерная физика тогда только начинала развиваться. В первых предположениях считалось, что все вещество Вселенной существовало сначала в виде холодных нейтронов. Позже выяснилось, что такое предположение приводит к противоречию с наблюдениями. Дело заключается в следующем. Нейтрон в свободном состоянии распадается в среднем за 15 минут после возникновения, превращаясь в протон, электрон и антинейтрино. В расширяющейся Вселенной возникшие протоны стали бы соединяться с еще оставшимися нейтронами, образуя ядра атомов

дейтерия. Дальше цепочка ядерных реакций привела бы к образованию ядер атомов гелия. Более сложные атомные ядра, как показывают расчеты, при этом практически не возникают. В результате все вещество превратилось бы в гелий. Такой вывод находится в резком противоречии с наблюдениями. Известно, что большая часть вещества Вселенной состоит из водорода, а не из гелия.

Наблюдения распространенности химических элементов в природе отвергают гипотезу о начале расширения вещества в виде холодных нейтронов.

В 1948 г. в США была опубликована работа Г. Гамова, а затем и другие его работы и работы его коллег Р. Альфера и Р. Германа, в которых предлагался «горячий» вариант начальных стадий расширения Вселенной. Основная цель авторов гипотезы горячей Вселенной заключалась в том, чтобы рассматривая ядерные реакции в горячем веществе в начале космологического расширения, получить наблюдаемое в настоящее время соотношение между количеством различных химических элементов и их изотопов.

Стремление объяснить происхождение всех химических элементов их синтезом в начале расширения было в 40-е годы естественным. Дело в том, что тогда ошибочно оценивали время, протекшее с начала расширения Вселенной, всего в 2—4 миллиарда лет. Это было связано с завышенным значением постоянной Хаббла. Сравнивая возраст Вселенной в 2—4 миллиарда лет с оценкой возраста Земли — около 4—6 миллиардов лет, приходилось, предполагать, что Земля, Солнце и звезды образовались из первичного вещества с уже готовым химическим составом. Считалось, что этот состав не изменился сколь-нибудь существенно, так как синтез элементов в звездах — процесс медленный и для его осуществления перед образованием Земли, Солнца и других тел уже не было времени.

Последующий пересмотр шкалы внегалактических расстояний привел к пересмотру возраста Вселенной. Теория эволюции звезд успешно объясняет происхождение всех тяжелых элементов (тяжелее гелия) их нуклеосинтезом в звездах. Необходимость объяснения происхождения всех элементов, включая и тяжелые, на ранней стадии расширения Вселенной, отпала. Однако, суть гипотезы горячей Вселенной оказалась верной.

С другой стороны, исследования показали, что содержание гелия в звездах и межзвездном газе составляет около 30% по массе. Это гораздо больше, чем можно объяснить ядерными реакциями в звездах. Значит гелий, в отличие от тяжелых

элементов, должен синтезироваться в начале расширения Вселенной. Основным же элементом Вселенной, является водород. Его доля по массе составляет примерно 70%. На долю остальных элементов приходится совсем немного.

Основная идея теории Гамова состоит в том, что высокая температура вещества препятствует превращению всего вещества в гелий. В момент 0,1 с после начала расширения температура была около 30 миллиардов Кельвинов. В горячем веществе имеется много фотонов большой энергии. Плотность и энергия фотонов столь велики, что происходит взаимодействие света со светом, приводящее к рождению электронно-позитронных пар. Аннигиляция пар может в свою очередь приводить к рождению фотонов, а также к возникновению пар нейтрино и антинейтрино. В этом «бурлящем котле» находится обычное вещество. При очень высоких температурах не могут существовать сложные атомные ядра. Они были бы моментально разбиты окружающими энергичными частицами. Поэтому тяжелые частицы вещества существуют в виде нейтронов и протонов. Взаимодействия с энергичными частицами «котла» заставляют нейтроны и протоны быстро превращаться друг в друга. Однако, реакции соединения нейтронов с протонами не идут, так как возникающее при этом ядро дейтерия тут же разбивается частицами большой энергии. Так, из-за большой температуры в самом начале обрывается цепочка, ведущая к образованию гелия.

Только когда Вселенная, расширяясь, охлаждается до температуры ниже миллиарда Кельвинов, некоторое количество возникающего дейтерия уже сохраняется и приводит к синтезу гелия. Расчеты показывают, что к этому моменту доля нейтронов в веществе составляет около 15% по массе. Эти нейтроны, соединяясь с таким же количеством протонов, образуют около 30% гелия. Остальные тяжелые -частицы остались в виде протонов — ядер атомов водорода. Ядерные реакции заканчиваются по прошествии первых пяти минут после начала расширения Вселенной.

Так теория предсказывает возникновение 30% гелия и 70% водорода, как основных химических элементов природы.

На гипотезе Гамова анализ разных вариантов начала космологического расширения не закончился. В начале 60-х годов остроумная попытка снова вернуться к холодному варианту была предпринята Я. Б. Зельдовичем. Он предположил, что первоначальное холодное вещество состояло из протонов, электронов и нейтрино. Как показал Я. Б. Зельдович, такая смесь при расширении превращается в чисто водородную плазму. Гелий и другие химические элементы, согласно этой гипотезе,

синтезировались позже, когда образовались звезды. Заметим, что данные об обилии гелия в дозвездном веществе были в шестидесятые годы еще очень неопределенными.

Если бы теории ранней Вселенной можно было проверять только по распространенности химических элементов, то выяснить истину было бы сложно. Ведь не так-то просто разобраться сколько элементов, и в частности гелия, синтезировано в звездах, а сколько в ранней Вселенной. По-видимому, еще долго шли бы споры.

Однако, есть другой способ проверки. Теория Гамова предсказывает существование в сегодняшней Вселенной реликтового электромагнитного излучения[3]. Оно должно остаться от эпохи, когда вещество в прошлом было плотным и горячим. В ходе расширения это излучение остыло и сегодня должно иметь температуру 1—30 Кельвинов.

Электромагнитное излучение со столь малой температурой является радиоволнами сантиметрового и миллиметрового диапазона.

Предсказание реликтового излучения в первых работах Г. Гамова, Р. Альфера, Р. Германа казалось должно было обратить на себя внимание астрофизике а те в свою очередь должны заинтересовать радиоастрономов-наблюдателей с тем, чтобы его попытаться обнаружить.

Но ничего подобного не произошло. Историки науки до сих пор гадают, почему долгие годы никто не пытался сознательно искать реликтовое излучение горячей Вселенной. Прежде чем обращаться к этим догадка напомним цепь фактических событий, приведших самому открытию.

В 1960 г. в США была построена антенна для приема отраженных радиосигналов от спутника «Эхо». К 1963 для работы со спутником эта антенна уже была не нужна и два радиоинженера — Р. Вилсон и А. Пензиас лаборатории компании «Белл» решили использовать для радиоастрономических наблюдений. Антенна представляла собой 20-футовый рупорный отражатель. Вместе с новейшим приемным устройством этот радиотелескоп был в то время самым чувствительным инструментом в мире для измерения радиоволн, приходящих из космоса с широких площадок на небе. Он предназначался в первую очередь для измерения радиоизлучения межзвездной среды нашей Галактики. Наблюдения велись на длине волны 7,35 см. Пензиас и Вилсон не собирались искать реликтовое излучение, да и о самой теории горячей Вселенной они тогда ничего не знали.

Для точного измерения радиоизлучения Галактик

необходимо было учесть все возможные помехи. Такие помехи вызывает рождение радиоволн в земной атмосфере, радиоизлучает также и поверхность Земли, помехи возникают в антенне, электрических цепях и приемниках.

Все источники помех были тщательно проанализированы и учтены. Тем не менее Пензиас и Вилсон с удивлением отмечали, что куда бы их антенна ни была направлена на небе, она воспринимала какое-то радиоизлучение постоянной интенсивности. Это не могло быт излучением нашей Галактики, ибо в этом случае его интенсивность менялась бы в зависимости от того, смотрели антенна вдоль плоскости Млечного Пути или поперек. Кроме того, ближайшие к нам галактики, похожие на нашу, тоже излучали бы на длине волны 7,35 см. Но такого их излучения обнаружено не было. Оставалось две возможности: либо были какие-то неучтенные помехи, либо излучение приходит откуда-то из космоса. Подозрения пали на возможные помехи в антенне. Однако, всесторонняя проверка показала, что это не так. Значит, излучение приходит из космоса, причем со всех сторон с одинаковой интенсивностью.

Дальше события, приведшие к разгадке проблемы, связаны со случайностями. Во время беседы со своим приятелем Б. Бёрке о совершенно других вопросах Пензиас случайно упомянул о загадочном излучении, принимаемом их антенной. Тот вспомнил, что он слышал о докладе П. Пиблса, работавшего под руководством известного физика Р. Дикке. В этом докладе Пиблс якобы упоминал об остаточном излучении ранней горячей Вселенной, которое сегодня должно иметь температуру около 10 Кельвинов. Пензиас позвонил Дикке и обе группы исследователей встретились. Р. Дикке и его коллегам П. Пиблсу, П. Роллу и Д. Уилкинсону стало ясно, что А. Пензиас и Р. Вилсон обнаружили реликтовое излучение горячей Вселенной. В это время группа Дикке, работавшая в Принстоне, собиралась сама готовить аппаратуру для подобных измерений на длине волны 3 см, но не успела начать наблюдения, А. Пензиас и Р. Вилсон уже сделали свое открытие.

Летом 1965 г. в «Астрофизикл джорнэл» были опубликованы работы Пензиаса и Вилсона об открытии реликтового излучения и Дикке с коллегами — об его объяснении теорией горячей Вселенной. Первые наблюдения показали, что температура реликтового излучения составляет около 3 Кельвинов.

В последующие годы многочисленные измерения были проведены на различных длинах волн от десятков сантиметров до доли миллиметра.

Наблюдения показали, что спектр реликтового излучения

соответствует формуле Планка, как это и должно быть для излучения с определенной температурой. Подтвердилось, что эта температура примерно равна 3 Кельвинам.

Так случайно было сделано замечательное открытие нашего века, доказывающее, что Вселенная в начале расширения была горячей. За это открытие, явившееся существенным развитием дела, начатого Хабблом, А. Пензиасу и Р. Вилсону и была присуждена в 1978 г. Нобелевская премия по физике.

Обратимся теперь к проблеме, относящейся к истории науки. В своей книге «Первые три минуты» известны. американский физик С. Вайнберг пишет следующее «Я хочу попытаться разрешить здесь историческую проблему, которая в равной степени представляется мне загадочной и поразительной. Обнаружение в 1965 г. фон космического микроволнового излучения было одним и самых важных научных открытий двадцатого века. Почему оно произошло случайно? Или, другими словам! почему не было систематических поисков этого излучения задолго до 1965 г.?»

Может все дело в том, что тогда не было достаточно чувствительных радиотелескопов, способных его обнаружить? Мы увидим далее, что это, по-видимому, не та! Такого же мнения придерживается и С. Вайнбер. Но дело даже не в этом.

В истории физики много примеров, когда предсказание нового явления делалось задолго до появления технических возможностей его обнаружения. И тем не менее, если предсказание было обоснованным и важный физики всегда о нем .помнили. Когда появлялись возможности — предсказание проверялось. Вайнберг приводи пример предсказания в тридцатые годы антипротона — античастицы ядра атома водорода. Тогда не было возможностей обнаружить его в эксперименте. Но, двадцать лет спустя, когда соответствующие возможности появились, в Беркли был построен специальный ускоритель для проверки этого предсказания. Однако, до середин! шестидесятых годов радиоастрономы даже не знали реликтовом излучении и о возможности его обнаружения.

Почему так получилось? С. Вайнберг называет три причины. Первая — это то, что теория горячей Вселенной создавалась Гамовым и его сотрудниками для объяснения распространенности в природе всех химических элементов их синтезом в самом начале расширения Вселенной. Это оказалось неверным. Как мы уже говорили -тяжелые элементы синтезированы в звездах. Только самые легкие элементы ведут свое происхождение с первых мгновений расширения. Были в первых вариантах теории и другие некорректности. Потом все это

было исправлено, но в конце сороковых и в пятидесятые годы неточности подрывали доверие к теории в целом.

Вторая причина — плохая связь между теоретиками и экспериментаторами. Первые не представляли, может ли реликтовое излучение быть обнаружено с помощью имеющихся наблюдательных средств, вторые — не слышали о том, что такое излучение следует искать.

Наконец, третья причина психологическая. Физикам я астрофизикам было очень трудно поверить, что расчеты, относящиеся к первым минутам с начала расширения Вселенной действительно соответствуют истине. Уж очень велик был контраст между промежутками времени — несколько первых минут и пятнадцать миллиардов лет, отделяющие ту эпоху от нашей.

Еще одну причину, на наш взгляд самую важную, указывает А. Пензиас в своей лекции, прочитанной при вручении Нобелевской премии. Дело в том, что в первых работах Гамова и его сотрудников, и в последующих работах говорилось о реликтовом излучении, но не было указано, что его можно хотя бы в принципе обнаружить. Более того, Гамов и его коллеги, по-видимому, думали, что это сделать нельзя в принципе! Пензиас говорил: «Что же касается обнаружения реликтового излучения, то, по-видимому, они считали, что в первую очередь это излучение проявит себя как увеличение плотности энергии... Этот вклад в приходящий на Землю общий поток энергии должен быть замаскирован космическими лучами и суммарным оптическим излучением звезд. Обе эти составляющие имеют сравнимые плотности энергии. Мнение о том, что действия трех составляющих с приблизительно равными энергиями нельзя разделить, можно найти в письме Гамова, направленном им Альферу в 1948 г. (не опубликовано; любезно предоставлено одному из авторов (И. Н.) Р. Альфером): «Температура космического пространства, равная 5 К, объясняется современным излучением звезд (С-циклы). Единственно, что мы можем сказать, —это, что оставшаяся от исходного тепла Вселенной температура не выше 5 К». Они, по-видимому, не осознавали того, что своеобразные спектральные характеристики реликтового излучения должны выделять его среди других эффектов.

В начале шестидесятых годов А. Г. Дорошкевич и один из авторов книги (И. Н.) опубликовали работу, в которой показали, что несмотря на то, что общее количество энергии в реликтовом излучении сравнимо с энергией света от галактик (с учетом их эволюции и расширения Вселенной), но реликтовое излучение сосредоточено в области сантиметровых и миллиметровых

радиоволн, где мало излучают как галактики, так и обычные радиоисточники. Поэтому его и можно наблюдать!

Вот, что говорит А. Пензиас в своей нобелевской лекции: «Первое опубликованное признание реликтового излучения в качестве обнаружимого явления в радиодиапазоне появилось весной 1964 г. в краткой статье А.Г. Дорошкевича и И.Д. Новикова, озаглавленной «Средняя плотность излучения в Метагалактике и некоторые вопросы релятивистской космологии». Хотя английский перевод появился в том же году, но несколько позже, в широко известном журнале «Советская физика — Доклады», статья, по-видимому, не привлекла к себе внимания других специалистов в этой области. В этой замечательной статье не только выведен спектр реликтового излучения как чернотельного волнового явления, но также отчетливо сконцентрировано внимание на двадцатифутовом рупорном рефлекторе лаборатории «Белл» в Кроуфорд Хилл, как на наиболее подходящем инструменте для его обнаружения!»

Эта статья осталась незамеченной ни теоретиками, ни наблюдателями до открытия реликтового излучения, она не привела к целенаправленным его поискам.

Интересно, что реликтовое излучение могло быть открыто еще в 1941 г.! В это время канадский астроном Э. Мак-Келлар анализировал линии поглощения, вызываемые в спектре звезды ζ Змееносца межзвездными молекулами циана. Он пришел к выводу, что эти линии в видимой области спектра могут возникать только при поглощении света вращающимися молекулами циана. Причем вращение молекул должно возбуждаться излучением с температурой около 2,3 К. Ни сам Мак-Келлар, ни кто другой, конечно, не подумали тогда о возможности того, что возбуждение вращательных уровней молекул вызывается реликтовым излучением. Да, и сама теория горячей Вселенной тогда еще не была создана!

Только после открытия реликтового излучения начиная с 1966 г. были опубликованы работы И. С. Шкловского, Дж. Филда, Дж. Хитчкока, П. Тадеуша и Дж. Вольфа, в которых показано, что возбуждение вращения межзвездных молекул циана, наблюдавшееся в спектре ζ Змееносца и других звезд, вызвано реликтовым излучением. Таким образом, еще в 1941 г. было обнаружено, хоть и косвенное проявление реликтового излучения.

Но и это еще далеко не конец истории.

Вернемся к проблеме технической возможности открытия реликтового излучения. Возникает вопрос: когда техника уже позволяла это сделать? С. Вайнберг пишет: «Трудно ответить

точно, но мои коллеги-экспериментаторы говорят мне, что наблюдения могли быть проведены задолго до 1965 г., возможно, в середине пятидесятых,. а может быть даже и в середине сороковых годов». Так ли это?

В середине пятидесятых годов молодой ученый Т. А. Шмаонов под руководством известных советских радиоастрономов С. Э. Хайкина и Н. Л. Кайдановского провел измерения радиоизлучения из космоса на длине волны 32 см. Эти измерения были выполнены с помощью рупорной антенны подобной той, которая была использована много лет спустя Пензиасом и Вилсоном. Шмаонов со всей тщательностью изучил возможные помехи. Конечно, в его распоряжении тогда не было еще столь чувствительных приемников, которые были потом у американцев. Результаты измерения Шмаонова были опубликованы в 1957 г. в его кандидатской диссертации и в советском журнале «Приборы и техника эксперимента». Вывод из этих измерений был таков: «Оказалось, что абсолютная величина эффективной температуры радиоизлучения фона... равна 4 ± 3 К». Шмаонов отмечал независимость интенсивности излучения от направления на небе и от времени. Хотя ошибки измерений Шмаонова и велики и говорить о какой-либо надежности цифры 4 не приходится, мы понимаем теперь, что он измерял именно реликтовое излучение. К сожалению, ни сам Шмаонов, ни его руководители, ни другие радиоастрономы ничего не знали о возможности существования реликтового излучения и не придали должного значения этим измерениям.

Таково сложное переплетение событий, завершившееся открытием горячей Вселенной Пензиасом и Вилсоном в 1965 г. Установление факта сверхвысокой температуры в начале расширения Вселенной явилось отправной точкой важнейших исследований, ведущих к, раскрытию тайн не только астрофизических, но и тайн строения материи. В развитие различных аспектов современной космологии выдающийся вклад внесли научные школы, созданные С. Вайнбергом, В. Л. Гинзбургом, Я. Б. Зельдовичем, А. Л. Зельмановым, М. А. Марковым, И. М. Халатниковым, С. Хокингом и другими.

О новейших открытиях в этой области говорится, в заключительной главе книги.

Взрыв

Открытие расширяющейся Вселенной Хабблом поставило перед естествознанием вопрос огромной мировоззренческой значимости: как Вселенная взорвалась?

Теория Фридмана описывает, как под действием сил тяготения происходит это расширение. Галактики удаляются друг от друга, двигаясь по инерции, а силы взаимного тяготения постепенно тормозят их движение и замедляют расширение Вселенной.

Но теория не отвечает на вопрос, почему расширение началось. Откуда в веществе, из которого потом образовались галактики, взялись начальные скорости расширения?

Обнаружение реликтового излучения показало, что в самом начале Вселенная была горячей, давление вещества, которое тогда распределялось в пространстве почти однородно, было огромным.

На первый взгляд большое давление крайне важно. Вспомним картину взрыва какого-либо заряда, когда в малом объеме выделяется энергия. Это может быть, например, химическая энергия или ядерная. Вещество заряда сильно нагревается и испаряется. Давление нагретых газов вызывает его стремительное расширение. Когда мы обращаемся к началу расширения Вселенной, невольно перед глазами предстает только что описанная картина. Не являются ли большие температура и давление причиной начала расширения? Нет, такое заключение неправильно. Между двумя описанными явлениями имеется существенное различие. При взрыве заряда есть перепад давлений — огромное давление внутри горячих газов и сравнительно малое атмосферное давление снаружи (если взрыв происходит в воздухе). Этот перепад и создает силу, расшвыривающую вещество. Именно перепад давлений создает силу, а не само высокое давление. Ведь если бы снаружи взрывающихся газов давление было такое же, что и внутри, то, очевидно, никакого разлета вещества не было бы. Кроме того, плотность расширяющегося горячего газа при взрыве неоднородна: максимальна в центре и спадает к краям. В ходе разлета перепад давлений, связанный с перепадом плотности и температуры, создает силу, подталкивающую разлетающийся газ.

Ничего подобного нет в начале расширения Вселенной. Ее вещество до образования небесных тел было однородно, никаких перепадов плотности и давления не было. Поэтому не возникало

силы, которая могла бы служить причиной начала расширения. Следовательно, большое давление горячего газа не есть причина начала расширения Вселенной.

Что же послужило «первотолчком», давшим начальные скорости веществу? Для того, чтобы восстановить процессы, происходившие в самом начале расширения,. необходимо найти в сегодняшней Вселенной следы этих наиболее «древних» процессов.

Оказывается, такими. «следами» являются фундаментальные свойства сегодняшней Вселенной. Без специального объяснения происхождения этих свойств во время взрыва Вселенной они представляются загадочными.

Первая из таких загадок — однородность Вселенной в больших масштабах. Наблюдения показывают, что на расстояниях больше сотен мегапарсек скопления галактик распределены в пространстве однородно. Правда, для больших расстояний выводы делать трудно из-за сложности наблюдения далеких слабых объектов. Подобные наблюдения еще ничего не говорят впрямую и о распределении «скрытой массы» — невидимых (несветящихся} форм вещества. Тем не менее вывод о крупномасштабной однородности Вселенной и для видимого, и (что особенно важно) невидимого вещества вполне надежен. Как он получен?

Инструментом исследования послужило реликтовое излучение.

Сегодня Вселенная совсем прозрачна для этого излучения, но в прошлом было не так. Когда температура превышала 4000 К, все вещество представляло собой ионизованную плазму (отдельных небесных тел тогда еще не было), непрозрачную для реликтового излучения. Превращение плазмы в нейтральное вещество произошла спустя 300 тыс. лет после начала расширения и, начиная с этой эпохи, подавляющее большинство реликтовых фотонов движется по прямой, уже не взаимодействуя о нейтральными атомами. Поэтому, когда мы наблюдаем реликтовое излучение, мы заглядываем в прошлое — в ту далекую эпоху, которая называется эпохой рекомбинации, поскольку тогда происходил захват электронов атомными ядрами и образовывалось нейтральное вещество. За время, прошедшее с эпохи рекомбинации, излучение успевает преодолеть около 15 млрд. световых лет. Это максимальное расстояние, которое свет пройдет в расширяющейся Вселенной, даже если он вышел в самом начале расширения, т. е. 15 млрд. лет назад. Поэтому такое расстояние называют расстоянием до горизонта видимости. Таким образом, с помощью реликтового излучения мы

«просматриваем» практически всю доступную наблюдениям область Вселенной.

Чем же реликтовое излучение может помочь в решении вопроса, насколько однородна Вселенная? Дело в том, что это излучение несет информацию о свойствах Вселенной в точках, разнесенных очень далеко в пространстве. И эти свойства оказываются до удивления одинаковыми. Так, измерения на искусственном спутнике «Реликт», выполненные в Институте космических исследований АН СССР, показали, что интенсивность реликтового излучения, приходящего к нам из диаметрально противоположных точек на небе, одинакова с точностью по крайней мере до сотых долей процента. Поскольку каждый такой луч идет к нам практически от горизонта, то значит, точки, из которых вышло реликтовое излучение, разнесены сегодня на 30 млрд. световых лет. А излучение свидетельствует, что свойства этих областей совершенно одинаковы.

Но, что, собственно, удивительного в том, что в очень больших масштабах Вселенная однородна? Удивительно это по следующей причине. Световой сигнал, вышедший из одной из точек даже 15 млрд. лет назад, не успеет пройти расстояние 30 млрд. световых лет. Быстрее света ничто не может двигаться. Значит, никакой сигнал не успеет пройти от одной точки до другой, отстоящей от первой на 30 млрд. световых лет. Нет никаких причин для выравнивания или «согласования» условий в этих точках, раз они не успели с начала расширения Вселенной даже обменяться сигналами. И тем не менее условия в них одинаковы. Почему?

Это и есть первая загадка, которую должна решить теория. Она получила название «проблемы горизонта».

Перейдем теперь ко второму фундаментальному свойству Вселенной, которое также нуждается в объяснении. Мы уже говорили, что расширение Вселенной тормозится силами тяготения. Эти силы, определяющие энергию тяготения, зависят от средней плотности вещества во Вселенной. В то же время скорости удаления галактик друг от друга определяют кинетическую энергию расширения. Если бы в самом начале энергия тяготения заметно превышала начальную кинетическую энергию разлета, то расширение давно прекратилось бы и Вселенная сжалась.

С другой стороны, если бы кинетическая энергия в начале была заметно больше, то галактики сегодня разлетались бы по инерции совсем не тормозясь тяготением. То значение плотности вещества, при котором обе энергии уравновешиваются,

называется критическим. Наблюдения показывают, что в первые мгновения расширения плотность была чрезвычайно близка к критическому значению. Рассмотрим для примера момент времени в прошлом, очень близкий к началу расширения, когда, согласно современной теории единое физическое взаимодействие, определяющее все процессы в веществе, распалось и сильное ядерное взаимодействие стало играть самостоятельную роль. Этот момент называют эпохой «Великого объединения», он отстоит от начала расширения всего на 10^{-33} с. Согласно данным наблюдений о скорости расширения и средней плотности вещества сегодня, и по расчетам по модели Фридмана, в эпоху «Великого объединения» отличие плотности от критической составляло менее 10^{-50} доли от значения самой плотности!

Таким образом, в самом начале расширения плотность вещества во Вселенной была удивительно близка к критической. Но почему? Почему силу взрыва, которая определила скорость расширения, природа подобрала такой, что критическая плотность с величайшей точностью совпала с реальной плотностью вещества?

Это и составляет вторую загадку Вселенной, называемую иногда «проблемой критической плотности».

Следующая проблема: почему, несмотря на удивительную однородность Вселенной в очень больших масштабах, в меньших масштабах все же были отклонения от однородности — небольшие первичные флуктуации? Именно эти небольшие сгущения потом под действием сил тяготения уплотнялись и образовали, уже в эпоху, близкую к нашей, галактики и их скопления.

Наконец, существует еще одна проблема. Она связана с предсказываемыми современной теорией особыми частицами, такими, например, как магнитные монополи. Эти своеобразные частицы возникли во Вселенной в эпоху «Великого объединения». Их должно было возникнуть тогда необычайно много. Правда, в ходе последующей эволюции часть монополей и их античастиц — антимонополей проаннигилируют друг с другом. Но, как показали расчеты Я.Б. Зельдовича и М.К. Хлопова, в сегодняшней Вселенной монополей должно остаться очень много — примерно столько же, сколько обычных частиц — протонов. Но ведь монополи в 10^{16} раз массивнее протонов. Это значит, что плотность вещества в виде монополей в сегодняшней Вселенной была бы в 10^{16} (!) раз больше, чем плотность обычного видимого вещества. Такого, конечно, не может быть. Следовательно, в сегодняшней Вселенной монополей практически нет. Куда же они

делись?

Эта загадка получила название «проблемы монополей».

Перечисленные загадки связаны с теми процессами, которые происходили в самом начале расширения Вселенной, т. е. в них в зашифрованном виде хранится тайна начала. Оставалось подобрать ключ к шифру.

Мы изложим гипотезы, которые по современным представлениям описывают начало Большого взрыва. Ключ к пониманию «первотолчка» лежит в возникновении особого, так называемого вакуумноподобного состояния вещества, которое может возникать при очень большой плотности. В современной физике под большой плотностью понимается плотность, близкая к величине, определяемой тремя фундаментальными постоянными: G — постоянной тяготения, h — постоянной Планка и c — скоростью света:

$$\rho_{\text{П}} = \frac{c^5}{G^2 h} \approx 10^{94}\ \text{г/см}^3.$$

Огромность этой величины трудно вообразить. Плотность получила название планковской. Согласно теории, при плотностях близких к планковской, в веществе могут возникать особые состояния, характеризуемые сильнейшими натяжениями, или, что то же самое, отрицательными давлениями. Соотношение между плотностью ρ_* и давлением P_* такого состояния имеет вид: $P_* = -\rho_* c^2$. Именно такие состояния получили название вакуумноподобных.

Происхождение названия связано со следующим. Если в сегодняшней Вселенной из какой-то области пространства удалить все реальные частицы и поля, то эта область все же не может считаться «абсолютной пустотой (вакуумом)». Дело в том, что в пустоте все время происходит рождение и уничтожение так называемых виртуальных пар — частиц и античастиц, происходят своеобразные «квантовые флуктуации вакуума»: Следствия этих процессов измеряются в тонких экспериментах.

Квантовые флуктуации вакуума не могут быть устранены. Возможным следствием этих процессов является наличие очень небольшой плотности вакуума $\rho_в$ и отрицательного давления (физически это означает натяжение) $P_в$. При этом должно выполняться соотношение $p_в = -\rho_в \cdot c^2$. Любое состояние вещества, в котором давление и плотность связаны таким соотношением, получило название вакуумноподобного. Особенностью вакуумноподобного состояния является то, что оно не меняется при расширении — плотность и давление его

остаются постоянными.

Следующее важное обстоятельство связано с уточнением Эйнштейном закона всемирного тяготения Ньютона. Согласно Эйнштейну, в создании гравитационных ускорений участвует не только плотность массы ρ, но и давление P (или натяжение). Вместо $\rho_в$ формулу для вычисления тяготения входит сумма $(\rho + 3P/c^2)$.

В обычных астрофизических условиях, например в звездах, второе слагаемое чрезвычайно мало. Но в случае вакуумноподобного состояния оно становится решающим. Подставляя в скобки $P_* = —\rho_* c^2$ для этого случая, убеждаемся, что сумма в скобках становится отрицательной и гравитационное притяжение сменяется отталкиванием. Вот это отталкивание, имеющее не гидродинамический (как в случае перепада давлений), а чисто гравитационный характер, вероятно, и послужило тем «первотолчком», который привел к расширению Вселенной.

Любые две частицы в такой очень ранней Вселенной двигались с нарастающей скоростью друг от друга. При этом плотность вакуумноподобного состояния ρ_*, как уже говорилось, с расширением не уменьшалась, не уменьшалось и натяжение (отрицательное давление) P_* и ускоряющая сила действовала постоянно[4]. Легко показать, что при этом расстояния между частицами увеличиваются по экспоненциальному закону, т. е. чрезвычайно стремительно: $R = R_0 \cdot \exp(3 \cdot 10^{43} \cdot t_{(c)})$. Этот процесс получил название инфляции (на английском — раздувание). Он, вероятно, продолжался с $t \approx 3 \cdot 10^{-44}$ с, когда плотность массы и частиц и вакуумноподобного состояния была около планковского значения $\rho_п \approx 10^{94}$ г/см^3, до $t \approx 3 \cdot 10^{-35}$ с. К концу этого периода все частицы разлетелись на невообразимо большие расстояния — порядка $10^{4 \cdot 100000000}$ парсеков друг от друга. Для сравнения напомним, что размер всей видимой сегодня Вселенной «всего» примерно 10^{10} парсеков! В той ранней Вселенной практически не было частиц, настолько они были редки, и температура практически не отличалась от -абсолютного нуля. Единственное, что осталось во Вселенной к концу раздувания, — это вакуумноподобное состояние. Но такое состояние неустойчиво и при t примерно равном $3 \cdot 10^{-35}$ с оно распалось на обычные частицы, движущиеся с ультрарелятивистскими скоростями. Температура во Вселенной в ходе распада вакуумноподобного состояния подскочила примерно до $T \approx 10^{27}$ К. Вселенная стала горячей! Это был конец инфляции — вакуумноподобное состояние исчезло. Дальнейшее расширение Вселенной протекало с замедлением, вследствие взаимного тяготения частиц обычного

вещества. Последующая судьба расширяющегося горячего вещества описана в предыдущем разделе.

Предположение о том, что огромные отрицательные давления, а значит, и гравитационное отталкивание могут возникать при очень больших плотностях вещества, было сделано в конце 60-х годов Э. Б. Глинером. В 1972 г. Д. А. Киржниц и А. Д. Линде показали, что подобное состояние может естественно возникать в расширяющейся Вселенной с понижением температуры и плотности от очень больших значений. Несколько позже эти первые идеи были развиты применительно к космологии в работах Э. Б. Глинера, Л. Э, Гуревича, И. Г. Дымниковой, а затем, с использованием новейших достижений физики высоких энергий — А. Гусом, А. Альбрехтом, П. Стейнхартом в США, а у нас в стране — А. Д. Линде, А. А. Старобинским и многими другими.

Раздувание Вселенной и есть тот ключ, с помощью которого разрешаются загадки ее фундаментальных свойств.

Начнем с первой — проблемы горизонта. Она состоит в том, что достаточно удаленные друг от друга точки не успевают даже к сегодняшнему дню обменяться световыми сигналами, и одна точка не может «знать» об условиях в другой. Поэтому непонятно, почему же температуры и другие физические параметры в этих точках одинаковы, о чем свидетельствуют наблюдения. Объяснение состоит в следующем. Удаленные сегодня точки не успевают обменяться сигналами только во Вселенной без эпохи экспоненциального раздувания, т. е. бее инфляции в самом начале. Раздувание невероятно увеличивает расстояние между любыми точками. Поэтому точки, сегодня далекие, в начале инфляции находились совсем рядом, внутри области с размерами 10^{-33} см, т. е. практически совпадали и могли многократно обмениваться сигналами. А так как они разлетались практически из одной «точки», нет ничего удивительного, что условия в них одинаковы.

Вторая загадка — почему плотность вещества во Вселенной сегодня не очень сильно отличается от критической, а в прошлом вообще была чрезвычайно близка к критическому значению, практически совпадая с ним в самом начале расширения.

Инфляция решает эту проблему следующим образом. Ускорение, создаваемое гравитационным отталкиванием, сообщает расширяющемуся веществу кинетическую энергию, как раз равную энергии гравитации. Когда в конце стадии раздувания вакуумноподобное состояние распадается и превращается в обычное вещество, плотность ρ_* переходит в обычную плотность вещества ρ; не удивительно, что энергии гравитации и разлета

оказываются сбалансированными и плотность — равной критической плотности.

Третья загадка — откуда взялись небольшие первичные флуктуации плотности в веществе, из которых потом, после их роста, возникли галактики и их системы. Дело в том, что распад вакуумноподобного состояния — квантовый процесс, подверженный случайным флуктуациям, типичным для такого рода процессов, как например, радиоактивный распад. В одних местах по случайным причинам распад вакуумноподобного состояния прошел чуть раньше, чем в других, и поэтому чуть раньше вызвал здесь переход к горячей Вселенной. Это приведет, как показывают расчеты, к небольшим флуктуациям плотности возникшего горячего вещества. Большой вклад в решение этой проблемы внесли С. Хокинг (Великобритания) и А. Д. Линде, В. Н. Лукаш, В. М. Муханов, А. А. Старобинский, Г. С. Чибисов в нашей стране.

Наконец, четвертая проблема — проблема монополей. Решение ее с помощью инфляции очевидно. Монополи возникают во Вселенной в самом начале инфляции, когда температура еще очень высока. После этого в ходе раздувания Вселенной монополи будут разбросаны друг от друга на гигантские расстояния. Они оказываются настолько редкими, что встретить их во Вселенной становится практически невозможно.

Такова схема явлений, которые, вероятно, происходили при огромных плотностях вещества и огромных энергиях, приведших к «первотолчку» и затем после длинной цепочки событий — к наблюдаемой сегодня Вселенной. А что было еще раньше?

Ответить па этот вопрос совсем непросто и не только потому, что специалисты очень мало знают о процессах при планковских плотностях и энергиях. Трудности связаны с тем, что в этих экстремальных условиях, полностью меняются фундаментальные черты таких всеобщих категорий существования материи, как пространство и время.

Вероятно, планковские плотности — максимально возможные в природе. При этих плотностях пространство и время разбивается на «кванты», характеризуемые длительностью $t_* \approx 3 \cdot 10^{-44}$ с или пространственной протяженностью $r_* \approx t \cdot c \approx 10^{-33}$ см. В таких масштабах происходят бурные «флуктуации» вакуума, и промежутки времени, меньшие t_*, бессмысленны. Такое состояние материи называют сингулярным. Все свойства Вселенной, которые мы наблюдаем сегодня, по существу возникли в сингулярном состоянии. В связи с этим возникает еще один вопрос.

Эйнштейн однажды сказал: «Что меня действительно глубоко

интересует, так это — мог ли бог создать мир иным?» Великий физик часто словом «бог» называл природу, поэтому мы должны понимать это высказывание, как вопрос о том, могла ли окружающая нас Вселенная быть устроена иначе. Подобные вопросы раньше было «не принято задавать», а теперь это область исследования современной физики и астрономии.

Проблему можно сформулировать следующим образом. Что было бы, если бы законы физики были иные? Например, что произойдет, если изменить заряд электрона (и протона) в несколько раз или, скажем, изменить массу электрона? Вероятный ответ может быть таким. От величины заряда зависит сила притяжения между протоном и электроном, от массы электрона зависят особенности его движения в связанных состояниях в атомах. Значит, указанные изменения приведут к тому, что изменится размер атомов, а, значит, и размер окружающих нас тел. Если изменения свойств электрона будут небольшими, то и окружающие предметы тоже изменятся не сильно.

Аналогичный ответ следует, на первый взгляд, ожидать и на вопрос о том, что произойдет, если изменить значение постоянной тяготения G. При этом, очевидно, изменится сила тяготения для тех же масс. От этой силы зависит темп эволюции небесных тел, их размеры. Значит, изменятся и они. И опять, если изменения постоянной тяготения будут не очень большие, то и вариации свойств небесных тел также окажутся малыми.

Казалось бы, подобные ответы ожидаются и на вопросы об изменении других физических констант. Общий ожидаемый ответ, по-видимому, состоит в том, что мысленный опыт по сравнительно небольшому изменению физических констант сопровождался бы соответствующим небольшим количественным изменением в окружающем мире. Качественных же глубоких изменений во Вселенной при таких вариациях констант произойти не должно.

Анализ показывает, что это заключение оказывается совершенно неверным.

Для примера можно рассмотреть простейший атом водорода. Этот атом может существовать неограниченно долго, если его не подвергать внешним воздействиям. Электрон и протон в нейтральном атоме не вступают в реакцию с образованием нейтрона и нейтрино, несмотря на то, что есть отличная от нуля вероятность для электрона находиться в месте расположения протона. Однако, подобная реакция происходит при столкновении электронов с большой энергией с протонами. Невозможность реакции в нейтральном атоме обусловлена

недостатком энергии. Сумма масс покоя электрона и протона меньше, чем масса нейтрона. Недостаток составляет $E \approx 0{,}8$ МэВ. Если вообразить, что масса электрона m_e равна не 0,5 МэВ, а превышает разность масс нейтрона и протона $\Delta m = 1{,}3$ МэВ, то реакция образования нейтрона станет возможной. Например, если бы масса электрона те была бы равна 2 МэВ, то нейтральный атом водорода просуществовал бы всего 30 часов. Таким образом, для длительного существования атома водорода необходимо, чтобы выполнялось неравенство $m_e < \Delta m$. При неизменности массы электрона, но при уменьшении Δm до значений меньших те, получается тот же результат. Следует специально подчеркнуть, что требуемое уменьшение Δm для возможности реакции образования нейтрона в атоме водорода (всего требуется уменьшить Δm на 0,8 МэВ) совершенно ничтожно по сравнению с полной массой протона или нейтрона, которые порядка 1000 МэВ. Изменение массы этих частиц примерно на 10^{-3} их величины привело бы к катастрофическим последствиям — к отсутствию водорода в сегодняшней Вселенной. Но это означает отсутствие главного ядерного топлива для звезд. При ничтожной вариации массы элементарных частиц во Вселенной не было бы звезд главной последовательности, не было бы химических соединений, содержащих водород и жизнь в такой Вселенной, по-видимому, была бы невозможной.

Следовательно, малые вариации рассмотренных параметров ведут не к малым изменениям свойств небесных тел, а к качественным изменениям свойств Вселенной.

Приведенный пример не исключение, а скорее правило.

Для подтверждения этого рассмотрим свойства тяжелого водорода — дейтерия. В атомном ядре этого элемента (дейтоне) энергия связи частиц составляет $E_{св} = 2{,}2$ МэВ. Тот факт, что эта энергия $E_{св}$ больше, чем $E = 0{,}8$ МэВ, обусловливает стабильность дейтона. Нейтрону в ядре «энергетически невыгодно» распасться на протон, электрон и антинейтрино с разрушением дейтона. Следовательно, для стабильности дейтерия обязательно условие $E_{св} > E$, что можно переписать в виде $\Delta m < E_{св} + m_e$. К чему привело бы нарушение этого неравенства и, следовательно, нестабильность дейтерия? Несмотря на то, что дейтерия в природе очень мало (примерно одна стотысячная доля по массе от всего вещества), он играет очень важную роль. Дейтон является первым сложным атомным ядром в цепочке ядерных реакций, ведущих к образованию более тяжелых ядер. Такие реакции происходили и в самом начале расширения Вселенной, они происходят и сегодня в недрах звезд, в процессах, превращающих водород в гелий. Если бы дейтерия не было, то обычный путь

образования элементов тяжелее водорода стал бы невозможен. А это снова привело бы к кардинальным качественным изменениям во Вселенной. Таким образом, для «стабильности свойств Вселенной» должны одновременно выполняться неравенства: $m_e < \Delta m < E_{св} + m_e$, что является довольно «тонкой настройкой» фундаментальных физических величин.

Продолжая эту линию аргументов, можно добавить следующий факт. Постоянная сильного взаимодействия такова, что ядерные силы достаточны, чтобы удержать протоны и нейтроны в сложных атомных ядрах. Если бы эта постоянная была несколько меньше, то ядерные силы оказались недостаточны для устойчивого существования всех сложных атомных ядер. Это означает, что в природе не были бы возможны химические элементы тяжелее водорода. Не были бы возможны ни соответствующие ядерные процессы в звездах, ни химические формы движения материи и, по всей вероятности, невозможна была бы и жизнь.

Наконец, рассмотрим еще одно следствие, связанное на этот раз с воображаемым изменением постоянной тяготения.

Известно, что в звездах с массой близкой к массе Солнца и меньше, значительные толщи их поверхностных слоев испытывают конвективное перемешивание. В то же время более массивные звезды после образования не имеют поверхностных конвективных слоев. Существует гипотеза, что образование планетных систем, происходящее совместно с образованием звезд, может успешно осуществляться только у таких звезд, которые после образования сохранили поверхностную конвекцию. Анализ показал, что если бы постоянная тяготения оказалась заметно больше, чем это есть на самом деле, то все звезды после образования не имели бы поверхностных конвективных слоев, а значит не имели бы, вероятно, и планетных систем. По-видимому, жизнь в такой вселенной была бы невозможна. Хотя в данном случае аргументация основывается на ряде гипотез, тем не менее вывод тоже впечатляющ.

Мы не станем приводить дальнейших примеров и только заметим, что внимательный анализ показывает следующее. Изменение некоторых постоянных может привести к невозможности вообще образоваться галактикам, звездам или даже элементарным частицам! А это означает невозможность появления сколько-нибудь сложной структуры во Вселенной.

Таким образом, относительно небольшие вариации фундаментальных констант ведут не просто к небольшим количественным изменениям, а к кардинальным качественным изменениям в природе. В этом смысле наша Вселенная оказалась

весьма неустойчивой по отношению к подобным изменениям в законах физики.

Возникает вопрос — какой смысл в подобных рассуждениях? «Кто» или «что» может варьировать законы физики, ведь мы знаем реальные значения фундаментальных постоянных и, используя эти значения, должны вести рассмотрение всех процессов в природе. Ведь нет же в действительности какой-то «другой» физики и нет «других» вселенных?

Прежде чем рассматривать попытки ответа на эти вопросы, обратим внимание на следующие удивительные факты, относящиеся к «нашей» физике и «нашей» Вселенной. Условия, которые мы перечисляли выше, и другие необходимые для существования сложных структур, выглядят порой весьма странно.

В самом деле, обратимся к первому условию, записанному в виде неравенства $m_e < \Delta m$. Согласно этому неравенству, масса электрона должна быть мала и не просто мала, а меньше 1,3 МэВ. Посмотрим теперь на список масс элементарных частиц. Электрон — наилегчайшая частица из имеющих массу покоя. Она в две тысячи раз легче протона и в двести раз легче следующей по массе частицы — мюона. Обращает на себя внимание, что электрон не просто легче всех других частиц, но и существенно легче. Так, почти все остальные «обычные» элементарные частицы по массе не слишком сильно отличаются друг от друга и имеют массу порядка 1 ГэВ. Электрон явно резко выделяется в меньшую сторону на этом фоне. На все эти факты обратил специальное внимание И. Л. Розенталь.

Очень малая масса электрона выглядит как некая крупная флуктуация. Если бы этой флуктуации не было и электрон был бы, например, всего в несколько раз легче мюона, то неравенство $me < \Delta m$ не выполнялось бы со всеми вытекающими отсюда катастрофическими последствиями.

Обратимся теперь к неравенству $\Delta m < E_{св} + m_e$. Оно требует, чтобы разность Δm масс нейтрона и протона была достаточно мала.

Протон и нейтрон — похожие частицы, отличающиеся лишь зарядами и небольшой разностью масс. Такие семейства похожих частиц получили название «изотопических мультиплетов». Если посмотреть на список разности масс в других подобных семействах, стабильных относительно сильного взаимодействия частиц, то увидим, что Δm для протона и нейтрона заметно меньше их всех. Снова флуктуация! И опять как раз такая, чтобы выполнялось рассмотренное выше неравенство, необходимое для существования сложных структур.

Приведенные примеры показывают, что значений констант зачастую выглядят так, как будто природа специально «подгоняла» эти значения для того, чтобы могли появиться сложные структуры во Вселенной и, в конце концов, чтобы могла появиться жизнь. При этом природе «приходится» устраивать иногда значительные флуктуации от типичных значений констант, устраивать весьма «тонкую настройку» законов физики.

Заметим, что существует еще одна «странность» в сегодняшней Вселенной. Речь идет о совпадении по порядку значений времени существования типичной звезды и времени, протекшем с начала расширения Вселенной.

Это совпадение действительно выглядит весьма странно. Время существования звезды, как можно показать, определяется скоростью ядерных реакций в ней, непрозрачностью вещества, т. е. в конечном счете, свойствами протонов и электронов, и силой гравитационного взаимодействия, определяемой постоянной тяготения G. Продолжительность «жизни Вселенной», с другой стороны, определяется совсем другими процессами, процессами, которые протекали в начале Большого взрыва Вселенной.

Так что же означает близость этих времен — случайное совпадение или что-то важное?

Сравнительно недавно возник новый научный подход, который пытается ответить на этот вопрос, а также объяснить все особенности и «странности» нашей Вселенной (некоторые из них уже рассмотрены выше),. Известный советский космолог А. Л. Зельманов, характеризуя этот подход, сказал: «Мы являемся свидетелями данных событий потому, что другие события протекают без свидетелей». Эти слова выражают суть так называемого антропного принципа.

Что это за принцип и какое отношение имеет он к рассматриваемым проблемам?

Прежде всего заметим, что сложные формы движения материи — например, такие, как сложные химические соединения, жизнь и тем более разумная жизнь, могли возникнуть во Вселенной только на определенном этапе ее развития, близком к нашей эпохе. Действительно, сложная химия и жизнь, по крайней мере в известных нам формах, требует существования планет земного типа, вероятно, с океанами, обогреваемыми достаточно близкой звездой, свечение которой длительно не меняется. Для развития жизни, конечно, нужна сложная химия и благоприятные условия в течение многих миллиардов лет.

Перечисленных условий заведомо не было в далеком прошлом Вселенной, когда не существовало ни звезд, ни планет.

Не может жизнь начать зарождаться, по-видимому, и в далеком будущем, когда звезды погаснут, и тем более — в очень отдаленном будущем, когда распадутся тяжелые частицы, превращаясь в свет и нейтрино.

Отсюда первый вывод — жизнь и разумная жизнь нашего типа могут возникнуть во Вселенной во вполне определенный выделенный период — в нашу эпоху, когда есть для этого условия.

Таким образом антропный принцип объясняет, казалось бы, странное совпадение времени существования звезды и Вселенной. Это объясняется так: для нашего появления во Вселенной должно выполняться примерное равенство возраста Вселенной времени существования звезды, что на первый взгляд казалось загадочным.

Другой вывод антропного принципа состоит в том, что наблюдатели («свидетели») могут появиться только при определенном наборе физических констант, при определенных физических законах, о чем мы говорили выше. Если и были (или может быть есть?) другие вселенные, с иными законами, то они существуют без сложных структур, а, значит, без «свидетелей». В них никогда не появляется жизнь. Таким образом, наша Вселенная такая, как мы ее видим именно потому, что мы в ней есть.

Антроцный принцип активно разрабатывался и разрабатывается сейчас известными физиками и астрономами: Р. Дикке, Г. Гамовым, П. Дираком, С. Хоукингом, Я. Б. Зельдовичем, М. Рисом, Дж. Уилером, Б. Картером, Д. Барроу, И. Л. Розенталем и другими.

Еще одной фундаментальной особенностью нашего мира является тот факт, что физическое пространство почему-то трехмерно; не двумерно, не пятимерно, а именно трехмерно. То, что здесь кроется какая-то загадка, физики осознали достаточно давно. Еще Э. Мах прямо и недвусмысленно ставил вопрос: «Почему пространство трехмерно?» Серьезный анализ проблемы был начат знаменитым физиком П. Эренфестом.

Чтобы попытаться осознать суть этой проблемы, можно поступить аналогично тому, как уже делалось с другими фундаментальными константами — мысленно изменить число измерений пространства, т. е. постараться представить, что было бы, если бы пространство имело размерность, отличную от трех.

Мы остановимся здесь на рассмотрении лишь некоторых изменений в простейших физических взаимодействиях, которые произойдут при вариации размерности пространства.

Одним из самых простых примеров физических

взаимодействий является закон Кулона для покоящихся зарядов и закон Ньютона для тяготеющих масс. В обоих случаях сила взаимодействия ослабевает обратно пропорционально квадрату расстояния $F \propto 1/r^2$. Однако еще И. Кант понял, что закон обратных квадратов есть следствие трехмерности нашего пространства. В самом деле, почему сила, например, электростатического взаимодействия ослабевает с расстоянием? Наиболее наглядный ответ заключается в том, что с ростом r силовые линии поля распределяются на все большей поверхности сферы, охватывающей заряд и имеющей радиус r. Площадь сферы растет как r^2, значит, плотность силовых линий,

пронизывающих эту сферу, уменьшается $\sim 1/r^2$, что и определяет закон изменения силы. Но сказанное справедливо только в трехмерном пространстве. Если пространство четырехмерно, то площадь трехмерной сферы (геометрического места точек, равноудаленных от центра в четырехмерном пространстве) пропорциональна r^3, а для пространства N измерений эта площадь пропорциональна r^{N-1}. Отсюда и закон изменения электростатической и гравитационной силы в N-мерном пространстве $F \propto 1/r^{N-1}$. Почему так важно изменение закона падения силы в пространстве размерности N? Рассмотрим движение пробного заряда на круговой орбите вокруг центрального заряженного тела (с зарядом противоположного знака, чтобы было притяжение) в пространстве любой размерности N. Пусть задан момент количества движения заряда (он не может меняться при движении). Тогда центробежные силы будут пропорциональны $1/r^3$ и не зависят от N. Из механики известно, что

для существования устойчивых круговых орбит необходимо, чтобы центробежные силы уменьшались с расстоянием быстрее, чем F. Иначе движение по кругу будет неустойчивым и малейшее возмущение приведет либо к падению заряда к центру, либо к удалению его в бесконечность. А отсутствие устойчивых круговых орбит означает отсутствие вообще связанных состояний, когда заряд движется в ограниченной области пространства вокруг центрального тела. Отсюда следует, что для существования связанных состояний необходимо $N \leq 3$. Этот результат был распространен впоследствии на квантовую механику.

Полученный вывод представляется неожиданным. На первый взгляд кажется, что увеличение размерности пространства открывает новые возможности для усложнения движения в нем тел, а значит и для существования более сложных структурных образований. На деле же оказывается, что в таких пространствах нет связанных устойчивых систем тел, взаимодействующих

электрическими и гравитационными силами, т. е. в них не может быть ни атомов, ни планетных систем, ни звезд, ни галактик!

С другой стороны, если N = 2 или 1, то в таких пространствах взаимодействующие заряды противоположных знаков никогда не могли бы улететь на сколь угодно большие расстояния. Здесь силы падают с расстоянием слишком медленно и какую бы начальную скорость ни дать заряду, центральное тело своей силой притяжения остановит улетающий заряд и заставит его двигаться к себе. В таких пространствах не существовало бы свободного движения тяготеющих тел.

И только в трехмерном пространстве возможны и связанные и свободные состояния.

После всего сказанного наверное не столь странно выглядит утверждение о том, что если бы природе пришлось много раз пробовать «создавать» вселенные с разными размерностями пространства, то только при N = 3 возникали бы возможности для существования и связанных гравитирующих систем, и свободных тел, для существования связанных и свободных состояний движения электронов в атомах. Значит, только в этом случае возможно возникновение очень сложных и разнообразных структур, обладающих возможностью возникать и распадаться. Только здесь есть возможность изменчивости, эволюции, возникновения жизни, а, следовательно, именно в таких пространствах (и вероятно только в них!) могут существовать «свидетели». Поэтому нечего удивляться, что мы живем именно в трехмерном пространстве.

Теперь для того, чтобы получить решение перечисленных выше проблем «странных» свойств нашей Вселенной, осталось «только» выяснить возможность того, что природа действительно «пыталась создавать» многочисленные вселенные или даже бесконечное их число с разной физикой возможно с большими иногда флуктуациями численного значения констант, с разной размерностью пространства и т. д.. Тогда бы стало понятно, что мы — наблюдатели, исследователи появились только в редчайшей «наиболее удачной» (для нашего существования) из таких вселенных.

Американский физик Дж. Уилер последние тридцать лет настойчиво подчеркивает принципиальную важность квантовых флуктуации свойств пространства — времени, которые должны иметь место при планковской плотности $\rho_п \approx 10^{94}$ г/см^3 и в масштабах порядка $r_* \approx 10^{-33}$ см и $t_* \approx 3 \cdot 10^{-44}$ с. Здесь пространство — время должно в некотором смысле представлять собой «дышащую» пену, возникающих и тут же уничтожающихся черных и белых дыр, очень маленьких замкнутых минивселенных

и еще более сложных топологических структур. А. Д. Линде и А. А. Старобинский развили эти представления в рамках современной физики и космологии.

Согласно нарисованной А. Д. Линде картине, подавляющая часть физического пространства — времени находится в состоянии квантовой пены с плотностью близкой к $\rho_п \approx 10^{94}$ г/см^3. В возникающих из нее «пузырях» происходят квантовые флуктуации и в то же время происходит их раздувание из-за гравитационного отталкивания вакуумноподобного состояния, которое там имеется. Большая часть объемов «пузырей» тут же возвращается из-за флуктуации в состояние «пены». В малой части объема может продолжаться раздувание и продолжаться проявление квантовых флуктуации плотности вакуумноподобного состояния. Очень малая доля первоначального объема после длинной цепочки случайных флуктуации может иметь уже плотность вакуумноподобного состояния, заметно меньшую, чем $\rho_п$. Теперь амплитуда квантовых флуктуации уже не так велика, Эти объемы продолжают систематически раздуваться, как это было описано в начале этого раздела, превращаясь после распада вакуумноподобного состояния в горячие вселенные,

В одной из таких вселенных и находимся мы. Можно сказать, что происходит вечное рождение Вселенной из флуктуации (или, если угодно, рождение многих вселенных), вечное воспроизводство Вселенной самой себя. У такого мира в целом нет начала и не будет конца. Он вечен и юн одновременно. Это — картина взрывающейся Вечности.

При рождении новых минивселенных из вакуумной пены происходят, вероятно, флуктуации всех физических параметров, включая размерность пространства и времени и флуктуации самих физических законов. Итак, возможно, природа «пыталась» несчетное число раз создавать вселенные с самыми разными свойствами. Мы живем в «наиболее удачном» (для нас) экземпляре этого вечного творения. Но надо помнить, что «наша Вселенная» не является ни наиболее типичной, ни наиболее вероятной частью мира.

Таков ответ современной науки на вопрос Эйнштейна о возможности совсем иных миров.

Открытая Э. Хабблом взрывающаяся Вселенная, казавшаяся еще недавно невообразимо сложной и не поддающейся человеческому воображению «всей Вселенной», оказалась ничтожной песчинкой в еще бесконечно большем и более сложном потоке окружающего нас мира.

В заключение скажем коротко о современных представлениях об эволюции Вселенной на более поздних стадиях, чем первые

мгновения после Большого взрыва и синтеза легких элементов в начале расширения.

После первых пяти минут температура во Вселенной упала ниже миллиарда кельвинов. Все активные процессы с элементарными частицами к этому времени закончились и наступил длительный период «спокойствия».

В этот период расширяющаяся плазма была еще достаточно горяча и непрозрачна для излучения. Реликтовое излучение определяло силу давления в плазме. В такой смеси плазмы и излучения имелись небольшие по амплитуде колебания плотности — звуковые волны. Ничего, кроме звуковых колебаний в расширяющейся плазме не происходило.

Теория эволюции малых возмущений в расширяющейся Вселенной была построена советским физиком Е. М. Лифшицем в 1946 г. Он показал, что в высокотемпературной плазме на ранней стадии расширения горячей Вселенной любые отклонения в плотности вещества от однородного распределения могут существовать только в виде звуковых волн. Силы гравитации в этот период в любом линейном масштабе не могут привести к росту уплотнений плазмы столь сильному, чтобы возникли обособленные облака или отдельные небесные тела. Иными словами, в этот период не может сработать механизм гравитационной неустойчивости. (Основы теории этого явления были созданы Джинсом еще в начале XX века.)

Только по прошествии $3 \cdot 10^5$ лет расширяющаяся плазма остыла до 4000°К и превратилась в нейтральный газ (произошел процесс рекомбинации). Нейтральный газ практически прозрачен для реликтового излучения. Теперь давление газа определяется только движением нейтральных атомов, упругость газа резко падает и становится возможным срабатывание механизма гравитационной неустойчивости. В 1964 г. один из авторов книги (И. Н.) показал, как достаточно большие по длине волны возмущения эпохи горячей плазмы после резкого падения давления могут развиться под действием тяготения в обособленные тела. Дальнейшее развитие теории гравитационной неустойчивости проводилось научными школами Я. Б. Зельдовича, Е. М. Лифшица, И. М. Халатникова, Л. Э. Гуревича и др. у нас в стране, П. Пиблса, Д. Бардина и др. за рубежом. В последнее десятилетие выяснилось, что в формировании крупномасштабной структуры Вселенной существенную роль, вероятно, играли слабовзаимодействующие частицы, которые по своей суммарной массе во много раз превосходят, по-видимому, массу обычного видимого вещества.

Отдельные галактики, их скопления возникли, вероятно, в

эпоху сравнительно близкую к нашей, когда все расстояния в расширяющейся Вселенной были всего в несколько раз меньше сегодняшних.

Проблемы образования крупномасштабной структуры тесно переплетены с современной наблюдательной космологией и активно изучаются.

Одной из важнейших задач наблюдательной космологии является определение полной средней плотности вещества во Вселенной. Как уже упоминалось, задача эта весьма осложнена присутствием во Вселенной труднонаблюдаемых форм вещества — «скрытой массы».

Еще в пятидесятые годы астрономы полагали, что практически все вещество Вселенной находится в светящихся галактиках. Тогда задача определения усредненной плотности вещества может быть решена следующим образом. В достаточно большом объеме пространства подсчитывается общее число галактик. Умножая среднюю массу галактики на их полное число, находят полную массу вещества внутри данного объема. Деление массы на объем дает среднюю плотность вещества. Надежное определение средней плотности вещества, входящего в галактики, было выполнено подобным методом в 1958 г. голландским астрономом Я. Оортом. Полученное им значение составляет $\rho_1 = 2 \cdot 10^{-31}$ г/см^3, если считать, что постоянная Хаббла равна 75 км/(с·Мпк).

Это значение плотности в 50 раз меньше, чем критическое значение, отделяющее случай вечно расширяющейся бесконечной Вселенной от случая замкнутой в пространстве Вселенной, в которой расширение в будущем сменится сжатием.

Дальнейшие исследования ничего существенного в оценке Оорта для вещества, входящего в светящиеся галактики, не внесли. Однако выяснилось, что вокруг видимых, очерченных светящимися звездами тел галактик имеются обширные массивные короны из невидимой нами материи. Она проявляется своим тяготением. Тяготение невидимых корон влияет на движение отдельных облаков газа, находящихся далеко за границей светящейся галактики, и на движение спутников — карликовых галактик. Вероятно, полная масса невидимых корон во много раз больше, чем масса видимых галактик.

Наличие «скрытой массы» проявляется и при исследовании скоплений галактик. Полная масса скопления, включающая и «скрытую массу» вещества между галактиками, определяется измерением его гравитационного потенциала. Потенциал может быть измерен по наблюдаемым скоростям движения отдельных галактик в скоплении и путем определения температуры горячего

газа также имеющегося в скоплениях. Оказывается, что «скрытая масса» часто более чем на порядок превышает суммарную массу видимых галактик скопления.

Таким образом, учет «скрытой массы» делает полную среднюю плотность материи во Вселенной близкой к критическому значению. Превышает ли полная плотность критическое значение или нет, до сих пор неизвестно,

Неясна и физическая природа «скрытой массы». Часть ее, возможно, принадлежит слабосветящимся маломассивным звездам, практически невидимым с больших расстояний. Однако, вероятно, основная часть «скрытой массы» обусловлена большим числом элементарных частиц, очень слабо взаимодействующих с обычным веществом и поэтому проявляющих себя только тяготением. Это могут быть нейтрино (если нейтрино обладают массой покоя) или другие, похожие по своим свойствам на нейтрино частицы, оставшиеся во Вселенной с эпохи самого начала ее расширения.

Вся современная внегалактическая астрономия, самыми разными методами исследующая большую Вселенную, своими корнями восходит к работам великого Хаббла, имя и дела которого навсегда останутся в науке.

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Э. ХАББЛА

1889 г., 20 ноября — Родился в Маршфилде, штат Миссури, в семье Джона Пауэла Хаббла и Вирджинии Ли Джеймс.

1897 - 1901 гг. — Начало интереса к астрономии.

1906 г. — Окончание школы и поступление в Чикагский университет.

1910 г. — Окончание университета.

1910 - 1913 гг. — Стипендиат Родса в Колледже королевы Оксфордского университета в Англии, где изучает право.

1914 г. — Возвращение в Чикагский университет для подготовки диссертации по астрономии.

1916 г. — Публикация первой научной работы.

1917 г. — Защита диссертации на степень доктора философии.

1917 - 1919 г. — Служба в составе Американских экспедиционных сил во Франции в звании майора, командование пехотным батальоном.

1919 г. — Возвращение в США, демобилизация и начало работы на обсерватории Маунт Вилсон.

1922 г. — Основные работы по изучению диффузных туманностей в Галактике.

1922 - 1926 гг. — Разработка классификации галактик.

1923 г. — Открытие первой цефеиды в туманности Андромеды.

1924 г. — Женитьба на Грейс Бэрк.

1926 — 1929 гг. — Публикация результатов изучения туманностей Андромеды и Треугольника. Утверждение концепции островной структуры Вселенной,

1927 г. — Избрание в Национальную академию наук США.

1928 г. — Избрание .в Королевское астрономическое общество Великобритании.

1929 г. — Открытие закона красного смещения — закона Хаббла.

1931 — 1934 гг. — Подтверждение закона красного смещения (совместно с Хьюмасоном).

1932 г. — Открытие шаровых скоплений в туманности Андромеды.

1934 г. — Публикация результатов подсчетов галактик.

1935 г. — Награждение медалью Барнарда Колумбийского

университета.

1935 г. — Разработка совместно с Толменом методов изучения природы красного смещения.

1936 г. — Публикация книги «Мир туманностей».

1937 г. — Публикация книги «Наблюдательный подход к космологии».

1938 г. — Награждение медалью Брюс Тихоокеанского астрономического общества.

1939 г. — Награждение медалью Франклина института Франклина.

1940 г. — Награждение медалью Королевского астрономического общества Великобритании.

1940 г. — Первое публичное выступление с призывом к поддержке Англии в войне с гитлеровской Германией.

1942 — 1945 гг. — Служба в Баллистической лаборатории Абердинского полигона.

1946 г. — Награждение «Медалью за заслуги» за выдающиеся работы по баллистике во время Второй мировой войны.

1947 г. — Избрание в Венскую академию наук.

1949 г. — Избрание во Французский институт — академию Франции.

1949 г. — Получение первых фотографий на 200 — дюймовом рефлекторе на обсерватории Маунт Паломар.

1953 г. — Публикация последней научной работы о звездах высокой светимости в галактиках — объектах Хаббла — Сендиджа (совместно с Сендиджем).

1953 г. 28 сентября — скоропостижная смерть от инсульта возле своего дома в Сан-Марино, пригороде Пасадены.

***

Эдвин Хабол среди родных. Слева направо: родные братья Билл и Генри, двоюродная сестра Нелли Джеймс, Эдвин, двоюродные братья Вирджил и Сесил Джеймс (около 1900 г.)

Эдвин Хаббл (средний в верхнем ряду) с друзьями по Чикагскому университету (1906-1910 гг.)

Хаббл с сестрой Люси в годы первой мировой войны (около 1918 г.)

No 1305-1

AMERICAN
EXPEDITIONARY FORCES
Corps Expéditionnaires Américains
IDENTITY CARD
CARTE D'IDENTITÉ

Name E. P. Hubble
Nom

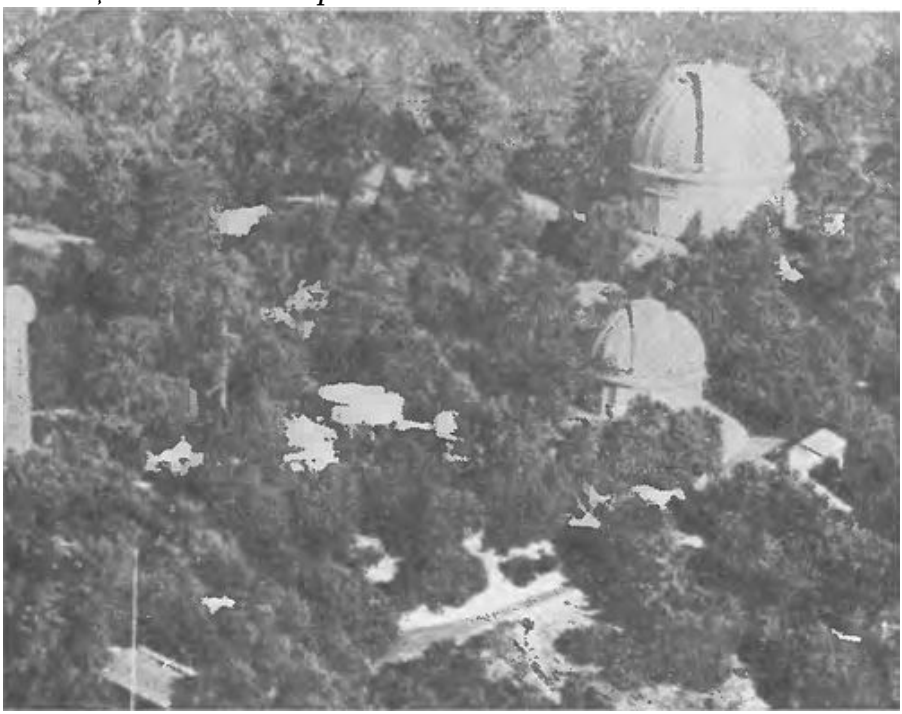
Rank Major-Inf.
Grade

Duty 343rd Inf.
Fonction

Adjutant General

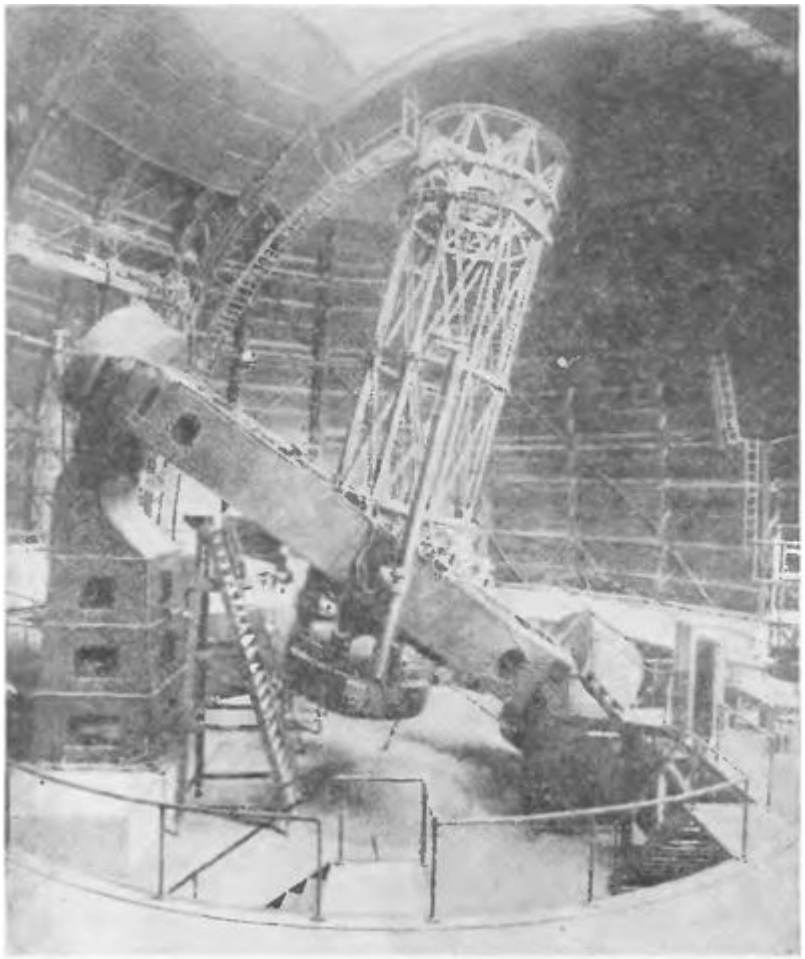
Signature of Holder
Signature du Titulaire Edwin P. Hubble

Военное удостоверение Хаббла — майора Американских экспедиционных сил в Европе



Обсерватория Маунт Вилсон. Видны башни 60- и 100-дюймовых рефлекторов

Хаббл на обсерватории Маунт Вилсон в 1923 г., когда он начинал изучение туманности Андромеды

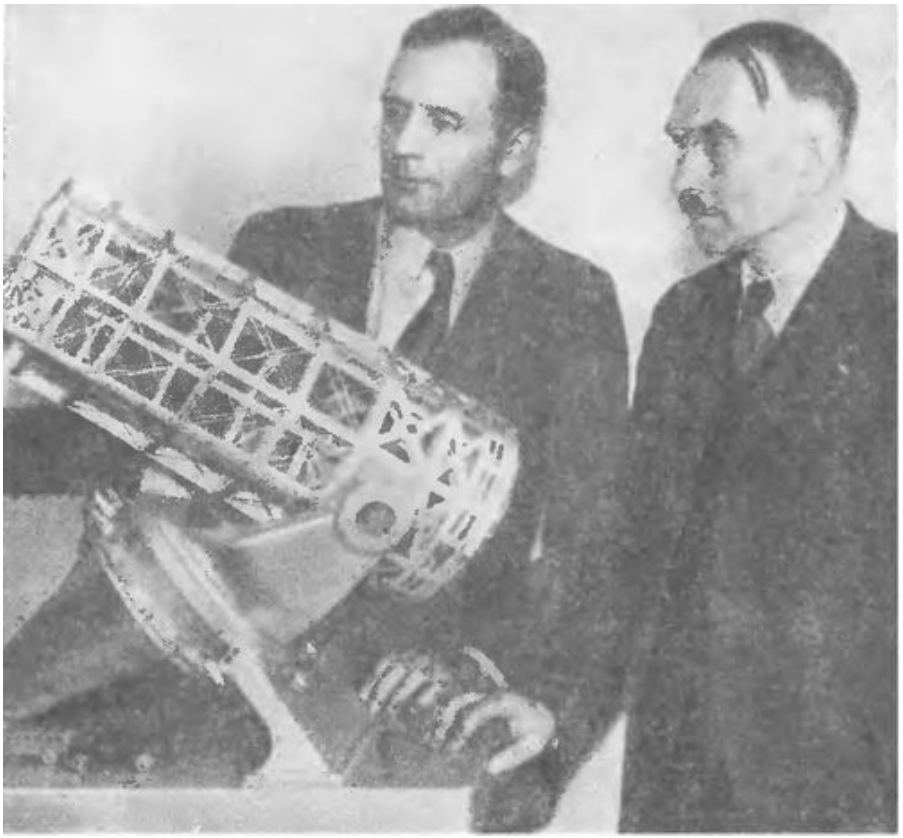


100-дюймовый рефлектор обсерватории Маунт Вилсон

Хаббл у 100-дюймового рефлектора (1923 г.)

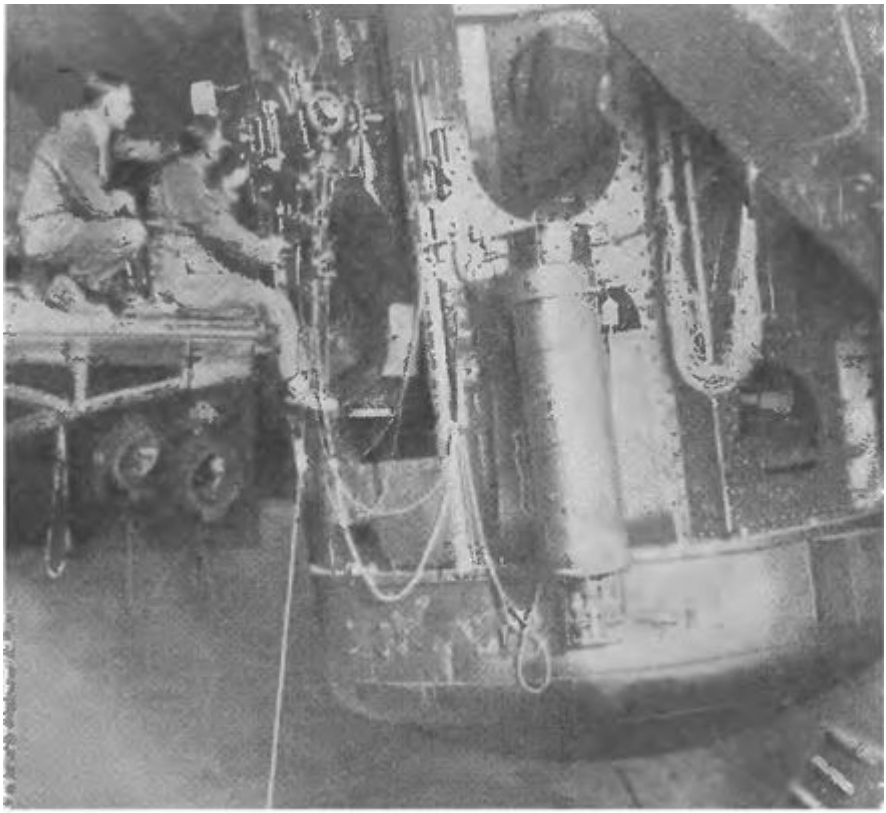
Дом Хаббла в Сан Марино, Калифорния

Супруга Хаббла миссис Грейс Хаббл (1931 г.)



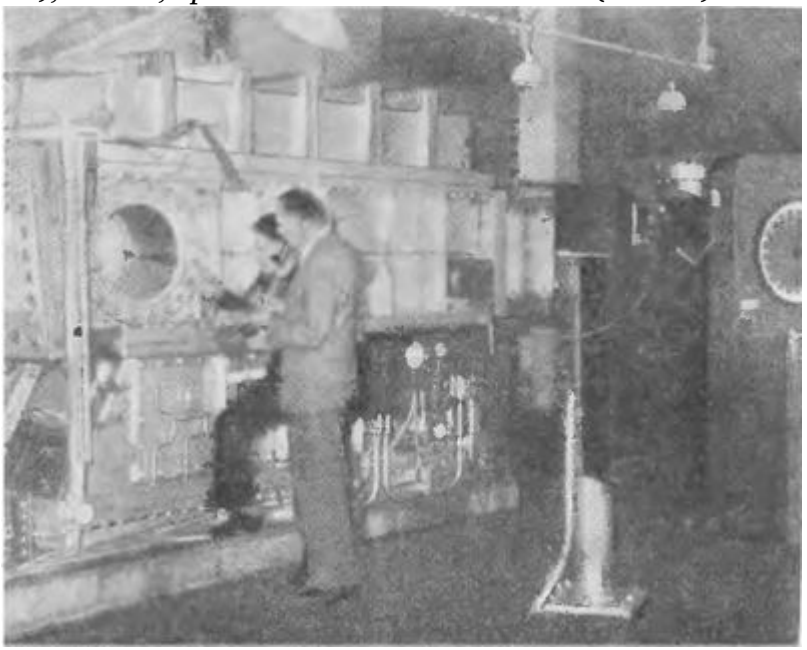
Э. Хаббл и Р. Толмен у макета 200-дюймового рефлектора (1931 г.) — неосуществленный вариант

Хаббл в конце 30-х годов



Э. Хаббл и английский астроном Д. Джинс на наблюдательной площадке 100-дюймового рефлектора (около 1931 г.)

Эдвин Хаббл, Уолт Дисней (слева) и Джулиан Сорел Хаксли (справа), биолог, брат писателя Олдоса Хаксли (1940 г.)



Хаббл у сверхзвуковой испытательной установки на Абердинском полигоне. Снимок сделан 8 мая 1945 г.

Хаббл на отдыхе в Колорадо

Хаббл у 48-дюймовой камеры Шмидта на Маунт Паломар

БИБЛИОГРАФИЯ ОПУБЛИКОВАННЫХ ТРУДОВ Э. ХАББЛА

В библиографии и списке использованной литературы для известных и часто повторяющихся периодических изданий приняты следующие сокращенные обозначения: AJ — Astronomical Journal, ApJ — Astrophysical Journal, JHA — Journal for History of Astronomy, MN - Monthly Notices of the Royal Astronomical Societl, PAAS — Publications of the American Astronomical Society, PASP — Publications of the Astronomical Society of the Pacific, PNAS — Proceedings of the National Academy of Science, PA - Popular Astronomy, ST — Sky and Telescope.

Работы Хаббла выходили не только в форме журнальных статей; обычно обсерватория Маунт Вилсон и Маунт Паломар дублировала их в виде указанных также в библиографии оттисков - Communications, Contributions, Reprints. Их сокращенные обозначения: MtW Comm, MtW Contr и MtW Repr. В ряде случаев статьи Хаббла, особенно научно-популярные, публиковались в нескольких журналах. Иногда под одинаковым названием имеются и близкие по содержанию, но различающиеся по объему работы. В библиографическом списке для экономии места работы с одинаковым названием, опубликованные в данном году, упоминаются лишь однажды, но при этом приводятся все ссылки. Ряд изданий оказался нам недоступным и сведения о них даются без проверки, по списку Мейола, приложенному к его биографии Хаббла.

1916

Twelve faint stars with sensible proper motions//AJ.-V. 29.-P. 168. The variable nebula NGC 2261 //ApJ.- V. 44.- P. 190. Changes in the form of the nebula NGC 2261 // PNAS.- V. 2.- P. 230.

1917

Recent changes in the variable nebula NGC 2261//ApJ.-V. 45.-P. 351.

1920

The spectrum of NGC 1499//PASP.- V. 32.- P. 155. The planetary nebula 1C 2003//PASP.- V. 32.- P. 161.

Twelve new variable stars // PASP.- V. 32.- P. 161.

Photographic investigations of faint nebulae//Publ. Yerkes Obs.— V. 4- P. 69. The color of the nebulous stars//ApJ.—V. 52.-P. 8.

(Совместно с. F. H. Seares); MtW Contr. N 187.

1921

Twelve new planetary nebulae // PASP.- V. 33.- P. 174.

1922

A general study of diffuse galactic nebulae // ApJ.— V. 56.- P. 162; MtW Contr. N 241.

The source of luminosity in galactic nebulae // ApJ.— V. 56.- P. 400; MtW Contr N 250.

Nova Z Centauri (1895) and NGC 5253//PASP.-V. 34.-P. 292 (Совместно с K. Lundmark).

1923

Density distribution in the photographic images of elliptical nebulae //PA.— V. 31.-P. 644.

Messier 87 and Balanowsky's Nova // PASP.— V. 35.- P. 261.

1925

NGC 6822, a remote stellar system // ApJ.— V. 62.- P. 409; MtW Contr.

N304. Gepheids in spiral nebulae // PA.— V. 33,- P. 252; Observatory,— V. 48. - P. 139; Science.- V. 61.- P. 278.

1926

A spiral nebula as a stellar system: Messier 33 // ApJ.— V. 63.- P. 236;

MtW Contr N 310. Extragalactic nebulae//ApJ.—V. 64.-P. 321; MtW Contr No. 324. Non-galactic nebulae. I. Classification and apparent dimensions. II.

Absolute dimensions and distribution in space. (Abstract) // PASP.— V. 38.- P. 258.

1927

The classification of spiral nebulae // Observatory.— V. 50.- P. 276.

The nebulous envelope around Nova Aquilae N 3//ApJ.—V. 66.- P. 59; MtW Contr N 335 (Совместно с J. C. Duncan).

Exploring depth of space//News Serv. Bull. Carnegie Inst. Washington.-V. 1.-N 6.

Density distribution in the photographic images of elliptical nebulae // PAAS.- V. 5.- P. 63.

Cepheids in spiral nebulae // PAAS.- V. 5.- P. 262.

1928

Novae or temporary stars // Leaflet Astron. Soc. Pacific— N 14. A spiral nebula as a stellar system: Messier 31 // ApJ.— V. 69- P. 103;

MtW Contr N 376.

1929

The structure of the universe — a clue // News Serv. Bull. Carnegie Inst. Washington — V. 6- N 8- P. 49.

On the curvature of space//News Serv. Bull. Carnegie .Inst. Washington. V. 6.- N 13.- P. 49.

The exploration of space // Harper's Monthly Magazine.—V. 158.-P. 732.

Preliminary estimate of the distance of the Coma cluster of nebulae // PASP.- V. 41.- P. 247.

A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae //PNAS.— V. 15.- P. 168; MtW Comm N 105.

Distribution of luminosity in elliptical nebulae//ApJ.—V. 71.-P. 231; MtW Gontr N 176.

Velocity-distance relation among extra-galactic nebulae // Science.— V. 72.- P. 407.

The nebulous envelope around Nova Aquilae 1918//PA.— V. 38.- P. 599 (Совместно с J. C. Duncan).

1931

The nebulous envelope around Nova Aquilae 1918//PAAS.—V. 6-P. 365 (Совместно с J. G. Duncan). The distribution of nebulae // PASP.— V. 43.- P. 282. The velocity-distance relation among extra-galactic nebulae // Ap J.— V. 74.-P. 43; MtW Contr N 427 (Совместно с M. L. Humason). Nebulous objects in Messier 31 provisionally identified as globular clusters // ApJ.— V. 76.- P. 44; MtW Contr N 452.

1932

The surface brightness of threshold images // ApJ.— V. 76.- P. 106;

MtW Gontr N 453. The distribution of extragalactic nebulae // Science.— V. 75.- P. 24.

1934

The distribution of the extra-galactic nebulae // ApJ.— V. 79.- P. 8;

MtW Contr N 485. Red-shifts in the spectra of nebulae: being the Halley lecture delivered on 8 May 1934. Oxford, Glarenden Press London, Oxford Univ. Press. The award of the Bruce gold medal to professor Alfred Fowler// PASP.-V. 46.-P. 87. The realm of the nebulae//Scientific Monthly.—V. 39.-P. 193. The velocity-distance relation for isolated extragalactic nebulae// PNAS.-V. 20.-P. 264; MtW Comm N 116 (Совместно с M. L. Humason).

1935

Two methods of investigating the nature of nebular red-shift // ApJ.— V. 82.-P. 302; MtW Contr No. 527 (Совместно с R. C. Tolman). Angular rotations of spiral nebulae//ApJ.—V. 81.-P. 334; MtW Contr N 514.

1936

Luminosity function of nebulae. I. The luminosity function of

resolved nebulae as indicated by theyr brightest stars // ApJ.— V. 84.- P. 158; MtW Confer No. 548. The luminosity function of nebulae. II. The luminosity function as indicated residials in velocity — magnitude relation//ApJ.— V. 84.- P. 270; MtW Contr No. 549. Effects of red shifts on the distribution of nebulae//ApJ.—V. 84.- P. 517; MtW Contr N 557. Effects of red shifts on the distribution of nebulae // PNAS.— V. 22.- P. 621.

Ways of science//Bull. Occidental College, n. s.— V. 14- No. 1.

The realm of the nebulae. Oxford Univ. Press. New Haven,— London: Humphrey Milford.

A super-nova in the Virgo cluster // PASP.— V. 48.- P. 108 (Совместно с G. Moore).

1937

The observational approach to cosmology (Rhodes memorial lectures).— Oxford, Clarenden Press.

Red shifts and the distribution of nebulae//MN.—V. 97-P. 506.

Our sample of the universe//Scientific Monthly.—V. 45.-P. 481; Carnegie Inst. Washington. Supplemantary Publ. N 33.

New comet // Harvard College Observatory. Announcement Card No. 423.

1938

Adventures in cosmology//Leaflet Astron. Soc. Pacific N 115.

The nature of the nebulae//PASP.—V. 50.- P. 97.

Das Reich der Neb el.—Braunschweig: Verlag Friedr. Vieweg and Sohn. Explorations in the realm of the nebulae // Cooperation in research. Washington, Carnegie Inst. Washington,— P. 91. Jupiter X and Jupiter XI // Harvard College Observatory. Announcement Card No. 465 (Совместно с S. Nicholson).

1939

Barred spirals // PAAS.— V. 9.- P. 249.

The motion of the galactic system among the nebulae // Journal Franklin Inst.— V. 228.- P. 131.

The new stellar systems in Sculptor and Fornax//PASP.—V. 51.-P. 40; MtW Repr No. 160 (Совместно с W. Baade).

Points of view: experiment and experience // Huntington library quarterly.— V. 2.- No. 3.- P. 243.

The nature of the universe // Ann. Rep. Smithsonian Inst, for 1938.-P. 137.

1940

Problems of nebular research // Scientific Monthly. — V. 51.- P. 141.

1941

Supernovae//PASP.— V. 53.- P. 141.

The direction of rotation of spiral nebulae // Science.- V. 93,- P.

434.

The role of science in a liberal education // University and the future of America.— Stanford Univ. Press.— P. 137.

Zwicky's systems in Sextant and Leo//Scientific Monthly.—V. 52.- P. 486.

The problem of the expanding universe // Science.— V. 95.- P. 212; American Scientist— V. 30.- P. 99.

1943

The direction of rotation in spiral nebulae // ApJ.— V. 97.- P. 112;

MtW Contr No. 674. The problem of the expanding universe// Ann. Rep. Smithsonian Inst, for 1942-P. 119; Publ. Smithsonian Inst., N 3707; Sci. Monthly.-V. 56.-P. 15.

1945

The problem of the expanding universe//Science in progress. Third Series.— New Haven; Yale Univ. Press.— P. 22. The exploration of space//The scientists speak. Ed. W. Weaver.— New York: Boni and Baer,— P. 37.

1946

The exploration of space // PA.— V. 54.- P. 183.

1947

The 200-inch telescope and some problems it may solve//PASP. V. 59.- P. 153.

1948

Mars and the 200-inch telescope // Monthly Notes of the Astronomical Society of Southern Africa.— V. 7.- P. 15.

The greatest of all telescopes // Listener.— V. 15.- No. 1025.

1949

First photographs with the 200-inch Hale telescope//PASP.—V. 61.- P. 121; MtW and Pal Repr N 4. Five historic photographs from Palomar//Scientific American.— V. 181.- P. 32.

1950

Fotografias historicas del Gielo tomadas en el observatorio Palomar // Boletin de Giencia y Technologia,- N 2.- P. 22. The 200-inch Hale telescope and some problems it may solve//Ann. Rep. Smithsonian Inst, for 1949.- P. 175; Smithsonian Inst. Publ. No. 3999.

1951

Explorations in space: the cosmological program for the Palomar telescopes//Proc. Amer. Philosoph. Soc.— V. 95.-P. 461; MtW and Pal Repr No. 55.

1953

The brightest stars in extragalacfcic nebulae I. M 31 and M 33// ApJ.— V. 118.- P. 353; MtW and Pal Repr N 107 (Совместно с A. Sandage).

1954

The law of red-shifts // MR— V. 113.-P. 658; MtW and Pal Repr N131. The nature of science and other lectures.—San Marino, California:

The Huntington Library. Funf historische Himmelsphofcographien vom Mt. Palomar // Naturwiss. Rundschau.— B. 7.- S. 137.

1958

The realm of the nebulae. - New Haven and London: Yale Univ.

1982

The realm of the nebulae,—New Haven and London: Yale Univ. Press.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

В списке приводятся публикации, которые вместе с архивными документами, воспоминаниями сестры Хаббла миссис Элен Лейн, интервью доктора А. Сендидзка и некоторыми другими материалами послужили источниками для написания биографии ученого. В конце списка перечислен ряд книг на русском языке, рекомендуемых для тех, кто хочет ознакомиться с историей астрономии XX века и космологическими проблемами.

Adams W. S., 1923 // PASP.— V. 35.-P. 290.

Adams W. S., 1954//PASP.—V. 66.-P. 267.

Adams W. S., 1954//Observatory.—V. 74- P. 32.

Aitken R. G., 1939//PASP.—V. 51.-P. 5.

American armies and battlefields in Europa. A history, guide and reference book, 1938.- US Goverment Print. Office. Washington. Anderson J. A.9 1939 // PASP.— V. 51.- P. 24. A source book in astronomy and astrophysics, 1900-1975; 1979/Ed. K. K. Lang, 0. Gingerich.— Cambridge, Massachusetts and London, England: Harv. Univ. Press. Baade W„ 1948//PASP.-V. 60.-P. 230. Babcock Я. D., 1938//PASP.—V. 50.- P. 87.

Berendzen R., Hoskin M. 1971 // Leaflet Astron. Soc. Pacific— N 504. Bowen / 1954//Science.—V. 119-P. 204.

Bowen L, 1972//Quarterly Journ. Roy. Astron. Soc—V. 14.-P. 235. Canby T. Y., 1974//National geographic—V. 145.-P. 626. Chant C. A., 1953 // Journ. Roy. Aston. Soc. Canada.— V. 47.- P. 225. Be Sitter W., 1917//MN.—V. 78.- P. 3.

De Sitter W., 1930//Bull. Astron. Inst. Netherlands.—V. 5.-P. 157. Di Cicco D., 1986 // ST.— V. 71.- P. 347. Dose A., 1926 // Astronomische Nachrichten.— B. 229.- S. 157. Douglas A. V.y 1957 // The life of Arthur Stanley Eddington.— Thomas Nelson and Sons Ltd. Friedmann A., 1922 // Zeitschrift fur Physik.— B. 10.- S. 377. Gingerich 0.} 1987//Journ. Roy. Aslron. Soc. Canada.—V. 81.- P. 113. Hall J. S., 1970 // ST.— V. 39.- P. 84. Harbord J. G., 1936//The american army in France, 1917-1919.-. Boston; Little Brown Co. Hart R., Berendzen Д., 1971 // JHA.— V. 2.- P. 109. Hetherington N. S., 1972 // Quarterly Journ. Roy. Astron. Soc— V. 13.- P. 25. Hetherington N„ 1983 // Nature.— V. 306.- P. 727. Hetherington N., 1986 // Nature.— V. 319.- P. 189.

History of the American field service in France. Frends of France. 1914-1917., 1920.- V. 3.- Boston and New York: Houghton Mifflin Сотр.

Hoskin M., 1982.- Stellar astronomy. Historical studies.— Science History Publ.

Humason M. L., 1929//PNAS.—V. 15.-P. 167.
Humason M. L., 1931//ApJ.—V. 74.- P. 35.
Humason M. L., 1934// PASP.— V. 46.- P. 290.
Humason M. L., 1935 // PASP.— V. 47.- P. 223.
Humason M. L„ 1954//MN.—V. 114.-P. 291.
Huxley A. L., 1969.- Letters of Aldous Huxley/Ed. G. Smith.— London: Chatlo and Windus.
Jaffe B., 1958. - Men of science in America.—Revised edition.— New York: Simon and Schuster.
Jeff en H M., 1937//PASP.—V. 49.- P. 271.
Learner R., 1986 // ST.— V. 71.- P. 349.
Lemaitre G., 1927//Annales la sociele scinetifique de Bruxelles.- V. 47.- Serie A.- P. 49; MN.- V. 41.- P. 483.
Lundmark K., 1924 // Observatory.— V. 47.- P. 279.
Lundmark K., 1924//MN.— V. 84.- P. 747.
Lundmark K., 1927 // Meddelanden Astr. Obs. Upsala.— No. 30.
May all N. U., 1954//ST.—V.. 13.- P. 78.
May all N. U., 1970//Biographical memoirs ol the National Academy of Science in the United States of America.— V. 41.- P. 175.
Order of battle of the United Land Forces in the World War American expeditionary forces. 1931.-Washington: U. S. Goverment Print. Office.
Osterbrock D. E., 1976 // ST.— V. 51.- P. 91.
Paddock G. F., 1916//PASP.—V. 28.- P. 100..
Parker B., 1986 // ST.— V. 72.- P. 227.
Payne-Gaposchkin C, 1984.— An autobiography and other recollections.— Cambridge: Cambridge Univ. Press.
Plummer H. C, 1940//MN.- V. 100.- P. 342.
Robertson H. P., 1928//Philosophical magazine.—V. 5.-Seventh serie.— P. 835.
Reynolds J. H., 1927 // Observatory.— V. 50.- P. 185.
Richardson R. S., 1948 // PASP.— V. 60.- P. 215.
Robertson H. P., 1954//PASP.—V. 66.- P. 120.
Russell H. N., 1925 // Scientific American.— V. 132.- P. 165.
Russell H. N., 1929 // Scientific American.— V. 140.- P. 504.
Russell H. N., 1932//Scientific American.—V. 146.- P. 14.
Sandage A. R., 1954//AJ.-V. 59.-P. 180.
Sandage A., 1961//The Hubble atlas of galaxies.—Carnegie Inst. Washington. Publ. N 618.
Schlesinger F., 1935 //PASP.— V. 47.- P. 175.
Shapley H., 1929 // PNAS.— V. 15.- P. 565.
Seeley D., Berendzen R., 1978//Mercury.—V. 7.- P. 67.
Slipher V. AT., 1915 // PA.- V. 23.- P. 21.
Slipher V. M., 1916 //Bull. Lowell Obs.—V. 2.- No. 58.- P. 56.

Slipher V. M., 1917//Proc. Amer. Philosoph. Soc—V. 56.-P. 406.
Smith R. W., 1982. The expanding universe. Astronomy s «Great debata», 1900-1931.- Cambridge: Cambridge Univ. Press.
Sternberg G., 1925//ApJ.-V. 61-P. 353.
Truman O. H, 1916 // PA.- V. 24.- P. 111.
Weart S. R., De Vorkin D. H., 1982//ST.- V. 63 - p. 124.
Weyl H, 1923//Phys. Zeitschrift—B. 24.- S. 230.
Wirtz C, 1917 // Astronomische Nachrichten.— B. 206.- S. 109.
Wirtz C. 1922//Astronomische Nachrichten.— B. 215.- S. 349.
Wirtz C. 1922 // Astronomische Nachrichten.- B. 216.- S. 451.
Wirtz C. 1924 // Astronomische Nachrichten.— B. 222.- S. 22.
Wright W. H. Einarsson S., Jeffers H. M.y 1937//PASP.-V. 49.- P. 270.
Young R. K., Harper W. E., 1916 // Journ. Roy. Astron. Soc. Canada.— V. 10.- P. 134.
Zwicky F., 1929 // PNAS.— V. 15.- P. 773.
Бааде В. - 1966.- Эволюция звезд и галактик. - М.: Мир.
Вилсон Р., 1979//Успехи физических наук. -Т. 129.-№ 4.-С. 595.
Ефремов Ю. Н. - 1984.- В глубины Вселенной. - 3-е изд.- М.: Наука.
Новиков И. Д., 1983.- Эволюция Вселенной. - 2-е изд.- М.: Наука.
Новиков И. Д., 1988.- Как взорвалась Вселенная. - М.: Наука.
Силк Дж., 1982.- Большой взрыв. - М.: Мир.
Струве О., Зеберес В., 1968,- Астрономия XX века. - М.: Мир.
Уитни Ч., 1975.- Открытие нашей Галактики. - М.: Мир.
Пензиас А., 1979//Успехи физических наук, - Т. 129.- № 4,- С. 581.
Френкель В. Я., 1974 (Новые материалы о дискуссии Эйнштейна и Фридмана по релятивистской космологии) // Эйнштейновский сборник 1973.- М.; Наука. - С. 5.
Фридман А. А., 1966. Избранные труды. - М.: Наука.
Эйнштейн А., 1966.- Собрание научных трудов. - Т. 2.- М.: Наука.
Эйнштейн А., 1967.- Собрание научных трудов.— Т. 4.— М.: Наука.

notes

Примечания

1

Подчеркнем, что простая интерпретация основных выводов Фридмана, приводимая ниже, была понята далеко не сразу.

Λ-член можно выбрать отрицательным, тогда он описывает дополнительные силы тяготения вакуума. Мы не будем здесь останавливаться на этих возможных вариантах.

3

Это название было дано излучению советским астрофизиком И. С. Шкловским. Другое его название - космическое или фоновое микроволновое излучение.

Эта ускоряющая сила на другом языке описывается введением уже упоминавшегося Л-члена в уравнения Эйнштейна. Данное обстоятельство подчеркивалось Я. Б. Зельдовичем.